

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Dagmar Štafa

OBRAŠTAJNE ZAJEDNICE NA MAHOVINAMA I
MAKROFITIMA U POTOKU JANKOVAC (PAPUK)

Diplomski rad

Zagreb, 2011. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno matematičkog fakulteta, pod vodstvom Doc. dr. sc. Marie Špoljar i predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja prof. biologije i dipl. ing. biologije - smjer ekologija.

Najsrdačnije se zahvaljujem svojoj mentorici Doc. dr. sc. Mariji Špoljar na stečenom znanju i iskustvu te na pomoći tijekom izrade praktičnog i pismenog dijela ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se pomoćnoj voditeljici Dr.sc. Ani Ostojić, na pomoći u laboratorijskom radu i sugestijama u pisanju ovog rada.

Također se zahvaljujem asistentu Tvrtku Dražini, dipl. ing. te studijskim kolegama Jasmini Šargač, dipl. ing. i Matiji Meseljeviću, dipl.ing. na pomoći i savjetima tijekom izrade terenskog i praktičnog dijela ovog rada.

Veliko hvala mojoj obitelji i mom dečku na pomoći i podršci tokom studiranja.

Hvala svim prijateljima i kolegama s fakulteta. Međusobno smo si pomagali i pružali podršku iz ispita u ispit.

Zahvaljujem se zaposlenicima PP Papuk na suradnji i pomoći u terenskim radovima.

**OBRAŠTAJNE ZAJEDNICE NA MAHOVINAMA I MAKROFITIMA U POTOKU
JANKOVAC (PAPUK)**

DAGMAR ŠTAFA

Zoologijski zavod, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Rooseveltov trg 6,
10000 Zagreb, Hrvatska**SAŽETAK**

Istraživanja epifitona na mahovinama i makrofitima provedena su od svibnja do listopada 2008. godine u potoku Jankovac (Park prirode Papuk). Osnovne hipoteze ovog rada bile su da struktura stabljike makrofita utječe na sastav obraštaja u lentičkom području te da brzina strujanja vode i prekrivenost dna mahovinama utječe na sastav obraštaja u lotičkom području. Ciljevi ovog rada bili su utvrditi: 1. sezonske i prostorne promjene fizičko-kemijskih čimbenika vode; 2. kvalitativni i kvantitativni sastav obraštajne zajednice na mahovinama u lotičkom području; 3. kvalitativni i kvantitativni sastav obraštajne zajednice na makrofitima u lentičkom području; 4. utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na kvalitativni i kvantitativni sastav epifitona.

Od analiziranih fizičko-kemijskih čimbenika statistički značajne ($p < 0,05$) prostorne promjene pokazivali su temperatura vode, konduktivitet, pH, koncentracija slobodnog ugljičnog dioksida, alkalinitet, koncentracija nitrata i brzina strujanja vode dok su sezonske promjene zabilježene za temperaturu vode, alkalinitet, kemijsku potrošnju kisika, koncentraciju nitrata i brzinu strujanja vode. U epifitonu mahovina raznolikošću su prevladavali trepetljikaši (40 svojti, 44%) dok su brojnošću dominirali kolnjaci (160.800 ± 513.400 jed/g ST, 83%). Između mikrostaništa s gustim slojem mahovina te mikrostaništa s raštrkanim busenima mahovina razlike spomenutih fizičko-kemijskih čimbenika i izvora raspoložive hrane dovele su do značajnih razlika u abundanciji (JI 12.800 ± 7.700 jed/g ST, JS 380.465 ± 75.000 jed/g ST) i bioraznolikosti epifitona (JI 39 svojti, JS 76 svojti). Trepetljikaši s 30 svojti (46%) i kolnjaci s 28 svojti (43%) dominirali su raznolikošću zajednica epifitona makrofita. Najveću brojnost u epifitonu makrofita ostvarili su trepetljikaši s 5.500 ± 11.400 jed/g ST (94%). Između makrofita najmanja raznolikost i brojnost (27 svojti, 1.100 ± 500 jed/g ST) zabilježena je na emerznoj vrsti *Typha latifolia* L. (rogoz) koja ima jednostavno građenu stabljiku dok je najveća raznolikost i brojnost zajednice epifitona (46 svojti, 13.600 ± 23.000 jed/g ST) bila na submerznoj vrsti *Hippuris vulgaris* L. (obični borak) s razgranjenom stabljikom. Rezultati ovog istraživanja ukazuju da su mahovine u lotičkom području te makrofiti u lentičkom području okarakterizirani većom brojnošću i bioraznolikošću organizama u odnosu na druga staništa u vodama na kopnu.

(48 stranica, 9 slika, 6 tablica, 88 literaturna navoda, izvornik na hrvatskom jeziku)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: epifiton/mahovine/submerzni i emerzni makrofiti/trepetljikaši/kolnjaci

Voditelj: Dr.sc. Maria Špoljar, docent

Pomoćni voditelj: Dr. sc. Ana Ostojić, viši asistent

Ocjenjivači: Dr.sc. Zlatko Liber, profesor

Dr.sc. Zdravko Dolenec, profesor

Zamjena: Dr.sc. Božena Mitić, profesor

Rad prihvaćen: 09.03.2011.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

EPIPHYTIC COMMUNITIES ON MOSSES AND MACROPHYTES IN STREAM JANKOVAC (PAPUK)

DAGMAR ŠTAFA

Department of Zoology, Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Rooseveltov
trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

SUMMARY

The research of epiphyton on mosses and macrophytes was conducted from May to October of 2008 in Jankovac stream (Nature park Papuk). Main hypothesis of this study were that the structure of macrophyte stands affects composition of epiphytic communities in lentic and that current velocity and moss bottom coverage affects composition of epiphytic communities in lotic. Main goals of this study were to determine: 1. seasonal and spatial changes of physical and chemical factors in water; 2. qualitative and quantitative composition of epiphytic communities on macrophytes in lentic; 3. qualitative and quantitative composition of epiphytic communities on mosses in lotic; 4. impact of abiotic and biotic parameters on qualitative and quantitative composition of epiphytic communities.

Analysis of physical and chemical parameters showed statistically significant ($p < 0,05$) spatial changes of water temperature, conductivity, pH, free CO_2 concentration, alkalinity, nitrate concentration and flow velocity. In epiphytic communities on mosses ciliates had greater diversity (40 species, 44%) while rotifers were more abundant (160.800 ± 513.400 ind/g DW, 83%). Between microhabitats with dense and scattered moss clusters differences of physical and chemical parameters and food sources availability lead to significant differences in epiphytic abundance (JI 12.800 ± 7.700 ind/g DW, JS 380.465 ± 75.000 ind/g DW) and diversity (JI 39 species, JS 76 species). Ciliates with 30 species (46%) and rotifer with 28 species (43%) were dominant in epiphytic diversity on macrophytes. The greatest abundance was achieved by ciliates (5.500 ± 11.400 jed/g ST, 94%). Among macrophytes species lowest diversity was recorded on emergent *Typha latifolia* L. with simply built stands while greatest diversity and abundance was on submerged species *Hippuris vulgaris* L. (46 species, 13.600 ± 23.000 ind/g DW) whose stands were most branched out. Results of this research show that mosses in lotic areas and macrophytes in lentic areas are more diverse and abundant when compared with other freshwater habitats.

(48 pages, 9 pictures, 6 tables, 88 references, original in the Croatian language)

This thesis is deposited in the Central Biology Library.

Key words: epiphyton/moss/submergent and emergent macrophytes/ciliates/rotifers

Supervisor: Assistant professor Maria Špoljar, Ph.D.

Assistant supervisor: Senior research Asst. Ana Ostojić, Ph.D.

Reviewers: Professor Zlatko Liber, Ph.D.

Professor Zdravko Dolenec, Ph.D.

Substitute: Professor Božena Mitić, Ph.D.

Thesis accepted: 9th March 2011.

SADRŽAJ

1.0. UVOD	1
1.1. Osnovna obilježja obraštaja	1
1.2. Vodena vegetacija	2
1.3. Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na obraštaj	4
1.3.1. Abiotički čimbenici	4
1.3.2. Biotički čimbenici	5
1.4. Svrha rada	6
2.0. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	8
2.1. Postaje istraživanja	9
3.0. MATERIJALI I METODE	11
3.1. Sakupljanje i analiza uzoraka obraštaja	11
3.2. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika u vodi	13
3.3. Analiza podataka	16
4.0. REZULTATI	17
4.1. Fizičko-kemijski čimbenici	17
4.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona	21
4.2.1. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona mahovina	24
4.2.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona makrofita	29
5.0. RASPRAVA	34
6.0. ZAKLJUČAK	39
7.0. LITERATURA	41

1.0. UVOD

1.1. Osnovna obilježja obraštaja

Obraštaj ili perifiton (grč. *periphutos* - rasti posvuda; njem. *Aufwuchs*, *auf-* na, *der Wuchs* – rast - u doslovnom prijevodu rasti na ili po nečemu) je zajednica autotrofnih i heterotrofnih organizama koji žive na slobodnim površinama predmeta ili biljaka uronjenih u vodu pri čemu ih oblažu sluzavim ovojem (YOUNG 1945). Prema ovoj definiciji obraštaj čine bakterije, gljivice, alge, praživotinje, planktonski i bentoski organizmi, detritus te brojne svojte viših beskrležnjaka i njihovih ličinki. Noviju definiciju obraštaja dali su PALMER i WHITE (1997). Oni smatraju da obraštaj čine samo mikroskopski organizmi i njihovi ekstracelularni produkti na graničnoj površini koja je stalno ili povremeno uronjena u vodu.

Obraštajna zajednica može se naseliti na različite vrste supstrata. Iz imena zajednice možemo saznati o kakvoj je podlozi riječ npr. epiliton - obraštaj kamena, epidendron - obraštaj drva, epifiton - obraštaj bilja. Osim vrste supstrata, bitan je odnos organizama u obraštaju stoga razlikujemo pravi perifiton (euperifiton), koji obuhvaća nepokretne organizme prilagođene sesilnom načinu života i pseudoperifiton, koji obuhvaća slobodnoživuće organizme koji pužu i hrane se pravim perifitom. Neovisno o tipu supstrata, pseudoperifiton i pravi perifiton dolaze zajedno i grade jedinstvenu obraštajnu zajednicu (WEITZEL 1979).

Proces kolonizacije određene podloge započinje nakon taloženja organske tvari na njezine slobodne površine (HOAGLAND i sur. 1982, HORNE i GOLDMAN 1994, COWLING i sur. 2000, VAN DAM i sur. 2002). Nataložena organska tvar služi kao medij koji olakšava pričvršćivanje (PALMER i WHITE 1997) i kao hrana bakterijama koje se naseljavaju na podlogu već nakon nekoliko sati (CARRIAS i sur. 2002). Bakterijska aktivnost čini podlogu pogodnijom za život autotrofnih i heterotrofnih organizama već kroz nekoliko dana. Prvi autotrofni organizmi u obraštaju su jednostavne alge kremenjašice dok su u najvišem stupnju razvoja obraštajne zajednice vidljive zelene i crvene nitaste alge (JACKSON 2003). Prvi napredniji heterotrofni organizmi u zajednici su bičaći, nakon kojih se pojavljuju sluzavci i trepetljikaši koji su poveznica u hranidbenom lancu između bakterija, detritusa i algi s jedne te metazoa (Rotifera, Gastrotricha, Nematoda, Oligochaeta) s druge strane (WÖRNER i sur. 2000, OSTOJIĆ 2010). Kolnjaci se pojavljuju u većem broju tek nakon dva do tri tjedna (BHARATI 2001).

Autotrofna komponenta je prvobitno jedina razmatrana kao obraštaj zbog važne uloge u transformaciji energije i hranjivih tvari u slatkovodnim ekosustavima (FANTA i sur. 2010). Heterotrofni organizmi u obraštaju su manje istraženi, a među njima prevladavaju bičaći (Mastigophora), trepetljikaši (Ciliophora) i sluzavci (Sarcodina). Druge skupine poput virnjaka (Turbellaria), kolnjaka (Rotifera), oblića (Nematoda), maločetinaša (Oligochaeta), dugoživaca (Tardigrada) i trbodlaka (Tardigrada) su prisutne, ali s manjom brojnošću (WÖRNER i sur. 2000). Predstavnici navedenih skupina imaju kratak životni vijek (nekoliko dana do nekoliko tjedana) što omogućuje bržu izmjenu sastava zajednice u kratkom vremenskom razdoblju (nekoliko sati do nekoliko dana). U iznimnim slučajevima, u obraštaju je moguće pronaći slučajno prisutne jedinice npr. predstavnike makrozoobentosa kao što su ličinke kukaca (Plecoptera, Ephemeroptera, Simuliidae) i rakovi (Amphipoda, Copepoda, Ostracoda).

Značenje i uloga obraštaja u vodenim ekosustavima očituju se u:

1. vezanju atmosferskog ugljika (AZIM i sur. 2005);
2. visokom udjelu u primarnoj produkciji u odnosu na fitoplankton (LIBORIUSSEN i JEPPESEN 2003, AZIM i sur. 2005);
3. kruženju hranjivih tvari – autotrofni organizmi u obraštaju vežu dušik i fosfor u organske spojeve čime postaju dostupni potrošačima (AZIM i sur. 2005);
4. važnosti obraštaja kao izvor hrane za mnoge beskraljeznjake (kolnjaci, rakovi, puževi, ličinke kukaca; AZIM i sur. 2005);
5. brzom indiciranju ekoloških promjena koje se odvijaju u staništu (BIGGS i KILROY 2000, AZIM i sur. 2005);
6. poboljšanju kvalitete vode u jezerima i rezervoarima (BIGGS i KILROY 2000);
7. pročišćavanju otpadnih voda u rezervoarima (BIGGS i KILROY 2000);
8. akumulaciji metala i radioaktivnih izotopa u rezervoarima (BIGGS i KILROY 2000).

1.2. Vodena vegetacija

Prema CHAMBERS i suradnicima (2008) vodeni makrofiti su raznolika skupina vodenih fotosintetskih organizama, vidljivih golim okom, čiji vegetativni dijelovi aktivno rastu, stalno ili periodički potopljeni (submerzni), plutajući površinom (flotantni) ili prorastajući kroz stupac vode (emerzni; Tablica 1)

Tablica 1 Sistematika vodenih makrofita (prema CHAMBERS i sur. 2008)

Carstvo	Odjel	Karakteristični rodovi
Monera	Cyanobacteria - Modrozelenne alge	<i>Oscillatoria</i>
Protista	Chlorophyta - Zelene alge	<i>Chara, Cladophora, Enteromorpha,</i>
	Rhodophyta - Crvene alge	<i>Batrachospermum, Lemanea</i>
	Xanthophyta - Žutozelene alge	<i>Vaucheria</i>
Plantae	Bryophyta - Mahovine	<i>Cratoneurum, Erycnium,</i> <i>Fontinalis, Cinclidotus,</i>
	Pteridophyta - Paprati	<i>Azolla, Isoetes, Salvinia</i>
	Spermatophyta - sjemenjače (samo kritosjemenjače imaju vodene predstavnike)	<i>Alisma, Butomus, Cabomba,</i> <i>Callitriche, Carex, Ceratophyllum,</i> <i>Elodea, Eichornia, Hippuris, Juncus,</i> <i>Lemna Myriophyllum, Nelumbo,</i> <i>Nymphaea, Nuphar, Potamogeton,</i> <i>Ranunculus, Sagittaria, Typha</i> <i>Scirpus, Sparganium, Spartina,</i> <i>Typha, Utricularia, Vallisneria</i>

Zajednice vodenih makrofita uvelike pridonose očuvanju fizičke stabilnosti litoralne zone. One smanjuju stupanj erozije i resuspenzije sedimenta što dovodi do smanjenje koncentracije anorganskih soli u vodi te usporava proces eutrofikacije (HORPPILA i NURMINEN 2005, SCHUTTEN i sur. 2005). Makrofiti su kompetitivniji u uzimanju hranjivih tvari u odnosu na fitoplankton te time smanjuju razvoj obraštaja i fitoplanktona (OZIMEK i sur. 1993). Nadalje, makrofiti stvaraju sjenu i pružaju niz različitih mikrostaništa (područje rizosfere, stabljike i listova) koja djeluju kao zaklon zooplanktonu prilikom bijega od predatora (DIEHL i KORNIJÓW 1998, KAIRESALO i sur. 1998). Sastav zooplanktonskih zajednica u mikrostaništima makrofita će ovisiti o morfologiji, vrsti i starosti biljke (DUGGAN 2001). Naime, neke vrste makrofita su svojim habitusom pogodnije za naseljavanje obraštaja, kojim će se hraniti planktonski organizmi litorala (BOGDAN i GILBERT 1987). Tako su starije biljke pogodnije za razvoj epifitona jer su uglavnom razgranjenije te povećavaju površinu kolonizacije (LAUGASTE i REUNANEN 2005). Porastom biomase epifitona raste i biomasa zooplanktona koji se njime hrani zbog čega se smatra da makrofiti imaju indirektan utjecaj na kvantitativni i kvalitativni sastav zooplanktonskih zajednica (DUGGAN 2001)

Vodene mahovine nalazimo u plitkim vodama s velikom brzinom strujanja (SUREN 1991, BOWDEN i sur. 2006). Mahovine usporavaju brzu struju vode te poput mreže zaustavljaju detritus unutar kauloida i filoida (GLIME i CLEMONS 1972, DEVANTRY 1987, SUREN 1988, 1990). Epifitske alge u epifitonu mahovina zajedno s detritusom osiguravaju hranu heterotrofnim organizmima obraštaja (SUREN 1988, 1990, LINHART i sur. 1998). Usporavanjem struje vode te nakupljanjem detritusa unutar mahovina nastaju mikrostaništa koja su povoljnija za život čime se povećava prostorna heterogenost inače relativno homogenog staništa (SUREN 1992).

1.3. Utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na obraštaj

1.3.1. Abiotički čimbenici

Svjetlost određuje abundanciju i distribuciju obraštaja dok potreba za svjetlom određuje bioraznolikost obraštaja (LAUGASTE i REUNANEN 2005). Prozirnost vode utječe na vertikalnu rasprostranjenost primarnih producenata, algi i makrofita (ESTLANDER i sur. 2009). Smanjena prozirnost vode smanjuje prodor svjetlosti i razvoj makrofita, a time se smanjuje postotak površine litoralne zone prekrivene makrofitima (SØNDERGAARD i sur. 2007, FLEDMANN i NOGES 2007, HATERD i HEERDT 2007). LIBORIUSSEN i JEPPESEN (1996) utvrdili su da u prozirnim jezerima obraštaj ima 77%-tni udio u primarnoj proizvodnji dok u zamućenim jezerima taj udio pada na svega 4%.

U područjima guste vodene vegetacije svjetlost je glavni ograničavajući čimbenik (KAIRESALO 1984, CATTANEO i sur. 1998). Kod flotantnih makrofita koje potpuno prekrivaju površinu vode poput vrsta *Elodea* zabilježeno je smanjenje svjetlosti za 95% već na dubini od 20cm (POKORNÝ i sur. 1984). Ovakvo zasjenjivanje makrofitima uobičajno reducira abundanciju algi u fitoplanktonu i obraštaju na promatranom području do 40% (HEPINSTALL i FULLER 1994). U hipokrenalu potoka uobičajna je velika zasjena koju stvara okolna šumska vegetacija. Smanjena količina svjetlosti ne ograničava razvoj mahovina (LONGTON 1988), ali ograničava razvoj autotrofne komponente epifitona. Na ovaj način ograničava se daljnja kolonizacija epifitona heterotrofnim organizmima. SUREN (1992) je utvrdio da je abundancija jedinki epifitona u područjima izloženim direktnom djelovanju sunčeve svjetlosti dva puta veća u odnosu na područja koja su bila zasjenjena.

U tekućicama je brzina strujanja vode jedan od ključnih čimbenika koji utječu na sastav obraštajne zajednice (REIDER 1993, HABDIJA i sur. 2000, PRIMC-HABDIJA i sur. 2000a, b, SOININEN 2004, OSTOJIC 2010). Zajednice koje se razvijaju u brzoj struji vode su čvrsto pričvršćene za svoj supstrat kako ne bi bile otplavljene, dok su zajednice u sporijoj struji vode rahlo pričvršćene i podložne otplavlivanju (ABE i sur. 2000, PRIMC-HABDIJA i sur. 2000). Također, brzina strujanja vode određuje i brzinu naseljavanja supstrata. U sporijoj struji vode zajednica brže naseljava supstrat, ali ima manju konačnu biomasu i količinu kolorfila *a* u odnosu na zajednicu u brzoj struji (JO i sur. 2006, RISSE-BUHL i KÜSEL 2009). Struja vode utječe na razvoj obraštajne zajednice kroz tri važna procesa (SARAVIA i sur. 1998). Prvi je prijenos hranjivih tvari i plinova koji je znatno otežan u debljem sloju obraštaja. Drugi je proces pričvršćivanja koje je obavezno za sve organizame zajednice, a učinkovitije je ako je sloj obraštaja manje debljine. Treći proces je otplavljivanje, a on najviše utječe na organizme koji se slabo prihvaćaju ili na zajednice koje su izložene brzoj struji vode. ABE i suradnici (2000) smatraju da porast brzine strujanja vode ima dvostruki i oprečni učinak na zajednicu. Porastom brzine strujanja povećava se količina hranjivih tvari koje su dostupne organizmima obraštaja kao i sposobnost njihovog prodiranja u dublje slojeve obraštaja što se očituje porastom biomase zajednice. Međutim, istovremeno se povećava učestalost otplavljivanja što dovodi do smanjenje brojnosti organizama.

1.3.2. Biotički čimbenici

Predacija je čimbenik koji ima veliki utjecaj na obraštajnu zajednicu. Strukturna složenost zajednice makrofita i mahovina pruža veliki broj različitih mikrostaništa koja mogu poslužiti kao zaklon prilikom bijega od predatora (SUREN 1991, LAURIDSEN i sur. 1996, BURKS i sur. 2002, VLČKOVA i sur. 2002, HABDIJA i sur. 2004.) otežavajući hvatanje plijena tj. produljujući vrijeme potrage za plijenom (GODDARD i MCDIFFETT 1983). WALSH (1995) smatra da je predacijski pritisak jedan od glavnih čimbenika koji određuju odabir staništa epifitskih kolnjaka s obzirom da vodeni makrofiti veće strukturne složenosti (npr. vrste roda *Chara*, *Miriophyllum*) omogućavaju bolju zaštitu od predatora. Ujedno, vodeno bilje osigurava organizmima obraštajne zajednice zaštitu od strujanja vode te supstrat za polaganje jaja (BECERRA-MUNOZ i SCHRAMM 2007)

U novoosnovanoj zajednici obraštaja kompeticija za životni prostor i hranu je vrlo jaka (JACKSON 2003). Broj vrsta zabilježenih na početku naseljavanja površine obavezno se smanjuje kako zajednica stari jer unutar zajednice postoje populacije koje nisu dovoljno kompetitivne u borbi za hranu i prostor (JACKSON 2003). Starenjem zajednice oslobađaju se mjesta na supstratu koja su prije bila zauzeta. Pojavom novih naseljivih površina raste broj slobodnih ekoloških niša i dodatno se smanjuje kompeticija (JACKSON 2003).

1.4. Svrha rada

Strujanje vode ima direktan utjecaj na organizme unutar obraštajne zajednice, na vrstu i strukturu supstrata te raspoloživost hrane (ALLAN 1995). BIGGS i suradnici (1998) su u svojim istraživanjima utvrdili da su promjene pojedinih biocenoloških čimbenika povezane s brzinom strujanja vode. Oni navode da se na jednom lokalitetu na dvije postaje s različitom brzinom strujanja vode sastav biocenoza međusobno više razlikuju nego u dva prostorno udaljena lokaliteta kojima je brzina vode podjednaka. U ovom radu odabran je potok Jankovac s dva različita staništa: lotik i lentik. Lotiku pripadaju hipokrenal i slap Skakavac, a lentiku dva umjetna ujezerjenja.

Istraživanja su pokazala da biljke složenije strukture stabljike predstavljaju bolje sklonište i supstrat za organizme obraštaja u odnosu na biljke jednostavnije građe stabljike (DUGGAN 2001, KUCZYNSKA-KIPPEN 2003, CAZZANELLI i sur. 2008). Također je utvrđeno da submerzna vegetacija pruža bolji zaklon zooplanktonu u odnosu na emerznu vegetaciju koja je, iako slabije istražena, često dominantna u eutrofnim jezerima (DUGGAN i sur. 2001, BURKS i sur. 2002). U ovom istraživanju osim epifitona na submerznim razgranatijim makrofitima bit će razmatran i epifiton na predstavnicima jednostavne građe habitusa: flotantnim i emerznim makrofitima.

Osnovne hipoteze u ovom radu su:

- struktura stabljike makrofita utječe na sastav obraštaja u lentičkom području;
- brzina strujanja vode utječe na sastav obraštaja u lotičkom području

U skladu s hipotezama, ciljevi istraživanja bili su utvrditi:

- fizičko-kemijske čimbenike u lotičkom i lentičkom staništu;
- kvalitativni i kvantitativni sastav obraštajne zajednice na mahovinama u lotičkom staništu;
- kvalitativni i kvantitativni sastav obraštajne zajednice na makrofitima u lentičkom staništu;
- utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na kvalitativni i kvantitativni sastav epifitona

2.0. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje obraštaja mahovina i makrofita provedeno je na longitudinalnom profilu potoka Jankovac (Park prirode Papuk). Potok Jankovac nalazi se na nadmorskoj visini od 475 m. Longitudinalni profil potoka (izvor-ušće/slap) proteže se u smjeru jug-sjever. Duljina potoka iznosi svega 700 metara.

Veći dio korita potoka smješten je na sedimentnim stijenama koje u okviru Parka zauzimaju površinom bitno manji dio u odnosu na prevladavajuće magmatske i metamorfne stijene (BALEN i sur. 2010). Potok se snabdijeva vodom iz okršenog zaleđa. Voda izvire na kontaktu nekrškog (nepropusni klastiti) i krškog (propusni karbonati) područja (BALEN i sur. 2010). Početni dio doline potoka se nalazi na karbonatnoj stijeni trijaskе starosti gdje niz većih ponikvi predstavlja okršeno dno nekadašnjeg fluvijalno aktivnog dijela doline. Na mjestu kontakta s nepropusnim stijenama pojavljuje se krški izvor i nekoliko manjih spilja. Nizvodno nalazimo klastite, jednim dijelom aluvij te slap Skakavac (nagib 63,4°) koji se prelijeva preko sedrene barijere s recentnim taloženjem sedre. Potok Jankovac pripada crnomorskom slijevu (Jankovac - Kovačica – Klokočevac – Karašica – Drava – Dunav). S obzirom na godišnji raspored padalina u ovom području potok Jankovac ima pluvio-nivalni vodni režim s dva maksimuma: glavni jesenski te sporedni kasnoproletni maksimum.

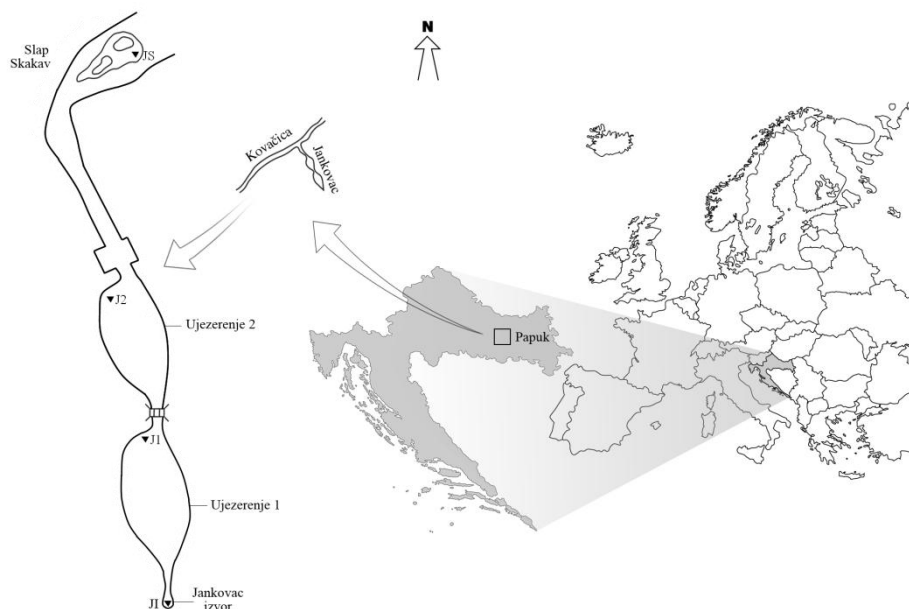
Prema klasifikaciji gorski potok Jankovac, bez ijedne pritoke, pripada tekućicama prvog reda (HORTON 1945, cit. iz ALLAN 1995). Izvor potoka je reokreni (voda izlazi na jednom mjestu i odmah stvara turbulentni tok) nakon čega potok teče 60 metara dugačkim hipokrenalom do ujezerenja. Njih je u XIX stoljeću uredio grof Josip Janković, a služila su za uzgoj pastre i vodoopskrbu 30 m visokog slapa Skakavca. Ujezerenja su oligotrofna (ŠPOLJAR i sur. 2009, ŠARGAČ 2010), iz čega proizlazi prozirnost čitavog stupca vode. Danas ih sa slapom povezuje betonski bazen i kaptirano korito.

U hipokrenalnom dijelu (nagib 3,8°) prisutne su mahovine rodova *Cratoneurum*, *Eryncium*, *Cinclidotus*, *Platyhypnidium* i *Fontinalis* koje nastanjuju staništa s velikom brzinom strujanja i raspršivanjem vode (DEVANTRY 1987). U obraštaju prevladavaju alge skupina Cyanobacteria, Chrysophyta i Chlorophyta. Od priobalne vegetacije prisutne su većinom bukva i joha. U litoralnoj zoni umjetnih jezera nalazi se vaskularna vegetacija u obliku emerznih, flotantnih i submerznih makrofita. Vrste iz rodova *Scirpus* i *Carex* te *Iris pseudacorus* L. – močvarna perunika i *Typha latifolia* L. – rogoz pripadaju emerznoj

vegetaciji. Flotantnoj vegetaciji pripada *Potamogeton natans* L. – plivajući mriješnjak dok je *Hippuris vulgaris* L. – obični borak svrstan u submerznu vegetaciju.

2.1. Postaje istraživanja

S obzirom na geografski smještaj područje Papuka nalazi se sjeverno od Save i pripada Panonskoj regiji Hrvatske što se podudara s regijom 11 u popisu slatkovodnih vrsta Europe (ILLIES, 1978). Istraživanje je provedeno na 4 postaje (JI – epifiton gustih busena mahovina Jankovac hipokrenal, J1 - Jankovac litoral ujezerenje 1, J2 - Jankovac litoral ujezerenje 2, JS – raštrkani buseni mahovina Jankovac slap) smještene na longitudinalnom profilu potoka Jankovac (Slika 1; Tablica 2). Postaje JI i JS predstavljale su mikrostanište lotika dok su postaje J1 i J2 predstavljale mikrostanište lentika. U litoralu ujezerenja 1 (J1) epifiton je uzorkovan na tri mikrostaništa: J1H- epifiton borka (*Hippuris vulgaris*) Jankovac ujezerenje 1, J1P – epifiton plivajućeg mriješnjaka (*Potamogeton natans*) Jankovac ujezerenje 1, J1T – epifiton rogoza (*Typha latifolia*) Jankovac ujezerenje 1. U litoralu ujezerenja 2 (J2) epifiton je uzorkovan na dominantnom mikrostaništu borka J2H – epifiton borka (*Hippuris vulgaris*) Jankovac ujezerenje 2.



Slika 1 Shematski prikaz istraživanog područja s označenim postajama uzorkovanja; JI - Jankovac hipokrenal, J1 - Jankovac litoral ujezerenja 1, J2 - Jankovac litoral ujezerenje 2, JS - Jankovac slap

Tablica 2 Morfometrijska obilježja istraživanih postaja

Naziv i opis postaje		Morfološka obilježja				Pokrovnost dna
		Maks. duljina	Srednja širina	Maks. dubina	Dno	
J1	Hipokrenal	60 m	3 m	0,3 m	kameni blokovi i valutice	Alge - (5%) Mahovine - <i>Platyhypnidium</i> i <i>Eryncium</i> (90%)
J1	Litoral ujezerenja 1	168 m	52 m	1,90 m	mulj	Submerzna - <i>Potamogeton natans</i> L. (15%) i <i>Hippuris vulgaris</i> L. (50%) Emerzna - <i>Typha latifolia</i> L. (5%)
J2	Litoral ujezerenja 2	130 m	51 m	1,95 m	mulj	Submerzna - <i>Hippuris vulgaris</i> L. (65%)
JS	Slap Skakavac	Visina 32 m			kameni blokovi	Alge - (10%) Mahovine - <i>Platyhypnidium</i> i <i>Eryncium</i> (40%)

Mahovine i alge na postaji J1 prekrivaju gotovo cijelo dno (95%) hipokrenala. Na postaji JS prekriveno je tek 50% dna dok se na preostalim dijelovima nalaze ogoljeni kameni i sedreni blokovi. U jezerenju 1 obični borak, plivajući mrijesnjak i rogoz prekrivaju čak 75% površine dna dok je u jezerenju 2 prekriveno 65% površine dna i to gotovo isključivo običnim borkom.

3.0 MATERIJALI I METODE

Uzorci za analizu obraštaja (epifitona) i fizičko-kemijskih čimbenika uzimani su na četiri postaje (JI, J1, J2, JS) longitudinalnog profila potoka Jankovac. Istraživanje je obuhvatilo promjene fizičko-kemijskih čimbenika i obraštaja na mahovinama u razdoblju od svibnja do listopada 2008. godine. Preliminarna istraživanja obraštaja na makrofitima pokazala su nizak stupanj razvoja epifitona zbog čega se uzorkovanju makrofita pristupilo od kolovoza do listopada 2008. godine kada su zajednice bile razvijenije. Istraživanjem su obuhvaćene promjene fizičko-kemijskih čimbenika, abundancije i raznolikosti epifitona kroz tri godišnja doba: proljeće (svibanj, lipanj), ljeto (srpanj, kolovoz) i jesen (rujan, listopad). U svrhu konciznijeg izražavanja u daljnjem tekstu umjesto izraza obraštaj korišten je izraz epifiton.

3.1. Sakupljanje i analiza uzoraka obraštaja

U lotiku, na postajama JI i JS uzorci mahovina uzimani su koreroz (promjer 3,8cm). Korerozi su šuplje cijevi različitih duljina i promjera čije se oštre stijenke urezuju u supstrat i odvajaju željeni uzorak od ostatka podloge. Obično su izrađene od željeza ili njegovih legura premda mogu biti i od drugih materijala. Sakupljeni uzorci stavljeni su u bočice uz dodatak 50 do 100 mL vode s pripadajuće postaje.

U lentiku je uzorkovan epifiton makrofita. Uzorkovane su submerzna vrsta *Hippuris vulgaris* (obični borak) na postajama J1H i J2H, flotant *Potamogeton natans* (plivajući mrijesak) na postaji J1P i emerzna vrsta *Typha latifolia* (rogoz) na postaji J1T. Zbog zaštićenosti ovog područja nije se pristupilo standardnom uzorkovanju epifitona s makrofita na površini 25x25 cm (KUCZYŃSKA-KIPPEN 2003) već su uzorkovani dijelovi biljke dužine 15 cm (uzimani u triplicatu). Uzorci su sakupljeni uzorkivačem prema KORNIJÓW i KAIRESAŁO (1994) (Slika 2). Uzorkivač je sastavljen od plastičnog cilindra dužine 30 cm i promjera 8 cm te plastičnog obruča s planktonskom mrežicom (veličina oka 26 µm). Kako bi se uspješno uzorkovalo dio biljke koji je izvan vode se odstrani, a zatim je preko biljke spusti cilindar na željenu dubinu te je uz njegov donji rub odreže stabljika. Gornji kraj cilindra zatvori se gumenim čepom kako bi stabljika ostala u cilindru (Slika 2a). Cilindar se polako izvuče na površinu. Prije nego se cilindar u potpunosti izvadili iz vode, na njegov donji kraj se pričvrstiti plastični obruč s mrežicom (Slika 2b). Kada je uzorkivač izvađen iz vode, ukloni se gumeni čep i profiltrira

voda iz cilindra (Slika 2c). Zatim se odvoji plastični obruč s donjeg kraja cilindra (Slika 2d) te se nad njim pomoću grube četkice sastruže, a zatim i ispere obraštaj koji je ostao pričvršćen za biljku (Slika 2e). Organizme sakupljene na mrežici u obruču se prenese u bočice od 100 mL koje se nadopune jezerskom vodom (Slika 2f). Ovako sakupljeni uzorci transportirani su u laboratorij u prijenosnom hladnjaku, a analiza uzoraka slijedila je idući dan.

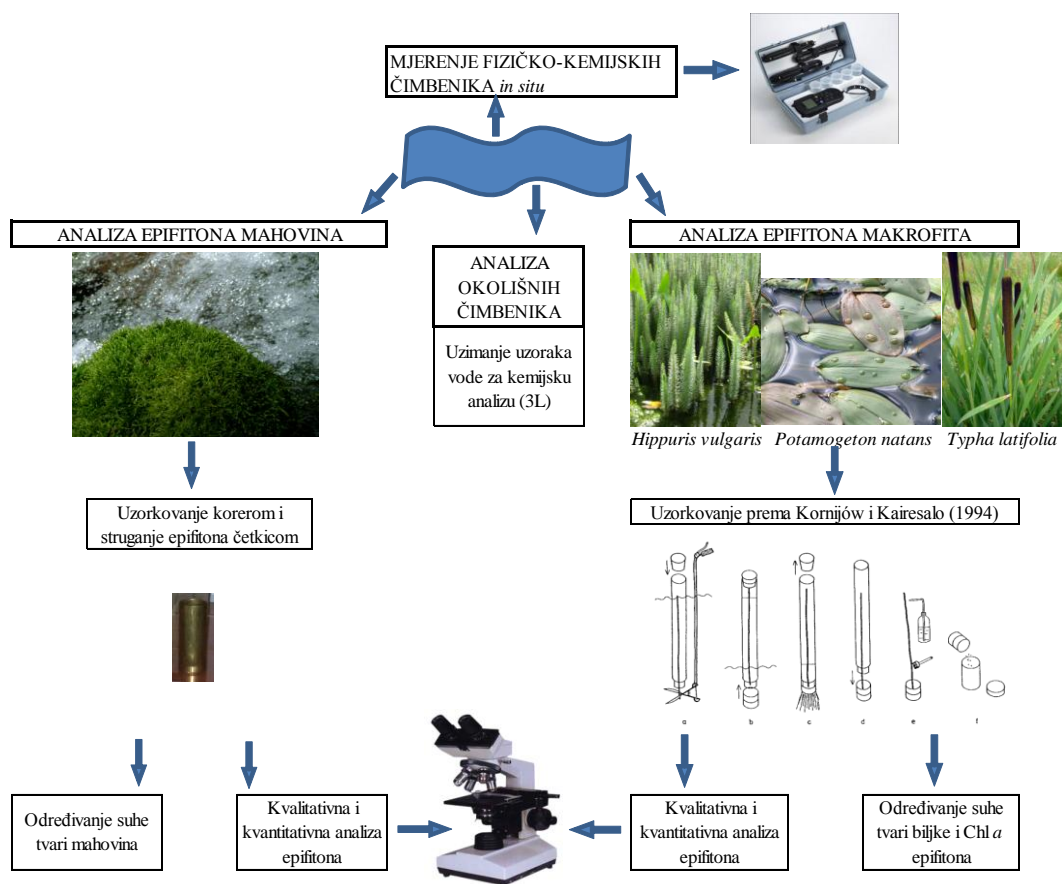
Kvantitativna i kvalitativna analiza obraštaja provedena je na živom materijalu. Za kvalitativnu analizu uzorci su pregledavani svjetlosnim mikroskopom JenaVal (Carl Zeiss Jena, 100x).

Za determinaciju zoonokomponente obraštaja korišteni su sljedeći ključevi:

- Sarcodina: OGDEN i HEDLEY (1980) – u ovom radu je korišten zastarjeli termin Sarcodina koji nije validan u modernoj taksonomiji (ADL i sur. 2005), a obuhvaća gole amebe (*Gymnamoeba*), okućene amebe (Testacea) i sunašca (Heliozoa)
- Ciliophora: FOISSNER i BERGER (1996)
- Rotifera: VOIGT i KOSTE (1978)
- Cladocera i Copepoda: MARGARITORA (1983) i EINSLE (1993)
- priručnici koji obrađuju više različitih taksonomskih skupina: BRAUER (1961), STREBLE i KRAUTER (1973)

Većina trepetljikaša i lorikatnih kolnjaka je određena do vrste. Za bdelloidne kolnjake (Bdelloidea) te pripadnike meiofaune (trbodlaci (*Gastrotricha*), oblići (*Nematoda*), maločetinaši (*Oligochaeta*), ljuskari (*Ostracoda*), dugoživci (*Tardigrada*)) nije se provela daljnja determinacija.

Za kvantitativnu analizu, svaki uzorak je izbrojan u tri poduzorka. Brojnost jedinki pojedine svojte izražena je po jedinici mase suhe tvari biljnog tijela (jed/g ST) zbog čega su biljni dijelovi najprije isprani, a zatim sušeni na 105°C do konstantne mase.



Slika 2 Shema uzorkovanja na terenu i laboratorijskog istraživanja

3.2. Analiza fizičko-kemijskih čimbenika u vodi

Fizičko-kemijska analiza vode obuhvaćala je mjerenje slijedećih parametara:

- Temperatura vode ($^{\circ}\text{C}$)
- Koncentracija otopljenog kisika ($\text{mg O}_2/\text{L}$)
- Brzina strujanja vode (m/s)
- pH vrijednost
- Konduktivitet ($\mu\text{S/cm}$)
- Ukupne otopljene tvari – TDS (eng. *total dissolved solids*) (mg/L)
- Koncentracija slobodnog ugljičnog dioksida (mg/L)
- Kemijska potrošnja kisika – KPK ($\text{mg O}_{2(\text{Mn})}/\text{L}$)
- Alkalinitet ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$)
- Koncentracija ortofosfata ($\text{mg P-PO}_4^{3-}/\text{L}$)
- Koncentracija nitrata ($\text{mg N-NO}_3^{-}/\text{L}$)

- Koncentracija klorofila *a* u sestonu ($\mu\text{g/L}$)
- Koncentracija klorofila *a* u epifitonu makrofita ($\mu\text{g/g ST}$)
- suspendirane organske tvari (eng. *particulate organic matter*, POM), AFDW (eng. *ash free dry weight*) (mg/L)

Temperatura vode (konduktometar Hach Sension 5), koncentracija otopljenog kisika (oksimetar WTW OXI 96), brzina strujanja vode (brzinometar P600, DOSTMANN electronic GmbH), pH vrijednost (pH-metar WTW 330i), TDS (konduktometar Hach Sension 5), koncentracija slobodnog ugljičnog dioksida i konduktivitet (konduktometar Hach Sension 5) mjereni su *in situ*. Količina slobodnog CO_2 određena je titrimetrijski s 0,1 M NaOH uz fenoftalein kao indikator, koji promjenom boje u ružičastu obilježava završnu točku titracije. (APHA, 1985). Konduktivitet je mjera sposobnosti vodene otopine za provođenje električne struje koja ovisi o broju prisutnih aniona i kationa te njihovoj pokretljivosti. TDS je masa svih otopljenih tvari (minerali, soli, anioni, kationi) u volumenu vode.

Koncentracije ortofosfata i nitrata te alkalinitet mjereni su u laboratoriju. Koncentracija ortofosfata određivana je metodom s amonij-molibdat reagensom (APHA, 1985.). Amonij-molibdat reagira u kiselom mediju ($\text{pH} < 1$) s fosfatima i stvara molibdofosforu kiselinu. Nastala kiselina se reducira kositar-kloridom i daje fosfomolibdensko plavilo. Intenzitet obojenja mjereno je spektrofotometrijski (spektrofotometar HATCH DR/2000) na valnoj duljini 690 nm. Koncentracija nitrata određena je pomoću metode s natrijevim salicilatom spektrofotometrijski na valnoj duljini 420nm (HÖLL, 1986).

Alkalinitet ukazuje na sadržaj karbonatnih (CO_3^{2-}), bikarbonatnih (HCO_3^-) i hidroksilnih (OH^-) aniona, a određivan je titrimetrijski s otopinom 0,1 M HCl uz metilorange kao indikator do završne točke titracije kod $\text{pH} = 4,3$ (HÖLL, 1986).

Klorofil *a* (Chl *a*) je osnovni fotosintetski pigment većine autotrofnih organizama. Mjerenje njegove koncentracije je jedan od najobjektivnijih načina određivanja biomase fitokomponente u planktonu ili obraštaju. Za analizu klorofila *a* uzimani su uzorci sestona te uzorci obraštaja makrofita (uzorkovano prema KORNIJÓW i KAIRESALO 1994). Seston je analiziran iz 2 L vode dok je uzorak obraštaja imao 200-300 mL vode. Prije analize klorofila *a* uzorci su profiltrirani kroz filter papir (Schleicher & Schüll bijela vrpca 589/2) bez ostatka pepela. S uzorka makrofita bilo je potrebno sastrugati obraštaj u vodu kako bi mjerenje

biomase primarnih proizvođača obraštaja bilo točno. Daljnji postupak određivanja koncentracije Chl *a* proveden je etanolskom ekstrakcijom prema NUSCH-u (1980), jednako za obje vrste uzoraka. Koncentracija klorofila *a* iz sestona izračunata je prema jednadžbi:

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 29,6 (E_{665}^b - E_{665}^a) v/Vd$$

dok je klorofil *a* iz obraštaja izračunat prema jednadžbi:

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{g/g ST)} = 29,6 (E_{665}^b - E_{665}^a) v/md$$

gdje je:

- E_{665}^a - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm prije zakiseljavanja
- E_{665}^b - ekstinkcija ekstrakta na 665 nm nakon zakiseljavanja
- V - volumen profiltrirane vode (L)
- v - volumen ekstrakta uzorka (mL)
- d - poprečni presjek spektrofotometrijske kivete (cm)
- m - masa suhe tvari makrofita (g ST)

Za procjenu količine detritusa u vodi određivana je količina suspendirane organske tvari (eng. *particulate organic matter*, POM) temeljem vrijednosti gubitka pri žarenju (eng. *ash free dry weight*, AFDW). Uzorak je prvo sušen na temperaturi od 105°C (vaganjem je dobivena masa suhog ostatka) u keramičkoj posudici, a potom žaren u mufolnoj peći na 600°C/6h (vaganjem je dobivena masa žarenog ostatka). Razlika masa suhog i žarenog ostatka je gubitak pri žarenju, AFDW (mg AFDW/L).

3.3. Analiza podataka

Za opisivanje biocenoloških obilježja zookomponente obraštajne zajednice korišten je sljedeći indeks:

- Sørensenov indeks sličnosti (SØRENSEN 1948) koji je izračunat prema jednadžbi:

$$S = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

gdje je:

S – Sørensenov indeks sličnosti (%)

A – ukupni broj vrsta u prvoj zajednici

B – ukupni broj vrsta u drugoj zajednici

C – broj zajedničkih vrsta

- Shannon-Wienerov indeks (SHANNON i WEAVER 1949) raznolikosti zajednice koji je izračunat prema jednadžbi:

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \times \log_2 \frac{n_i}{N}$$

gdje je:

H' – Shannon-Wienerov indeks raznolikosti zajednice (bita/jed)

n_i – brojnost vrste i u uzorku

N – ukupna brojnost u uzorku

Za statističku analizu podataka (analizu varijance s dva promjenjiva faktora, two - way ANOVA, *post hoc* LSD (eng. *least significant difference*) test, neparametrijski Mann-Whitney U test, Spearmanov koeficijent korelacije, r) korišten je program STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc., 2007). Za izračunavanje Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H') korišten je program Primer 5 (PRIMER-E Ltd., 2002). Za izradu grafičkih i tabelarnih prikaza korišten je program Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, 2007).

4.0 REZULTATI

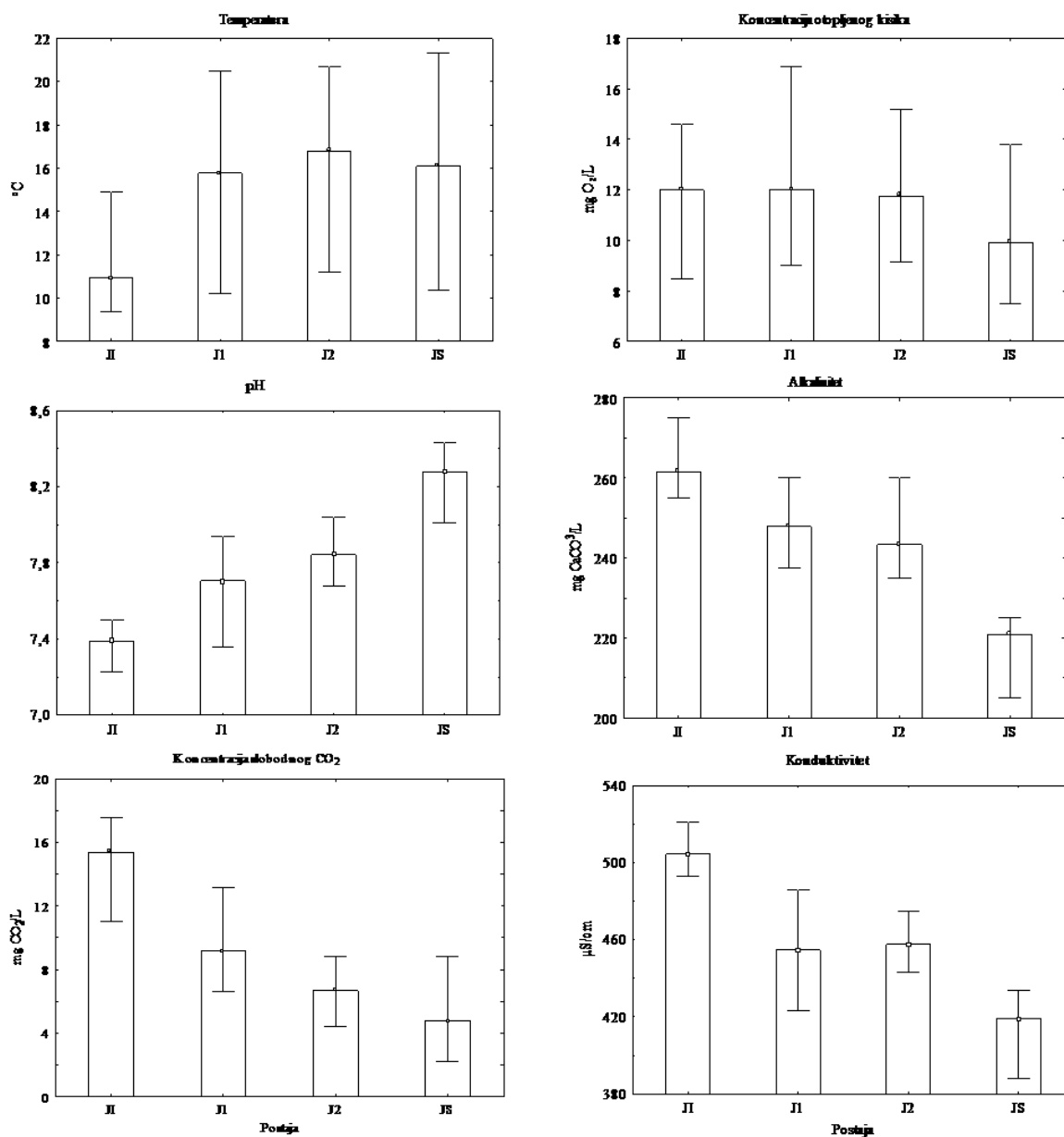
4.1. Fizičko-kemijski čimbenici

Temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika. Temperaturne vrijednosti vode imale su pozitivan gradijent duž longitudinalnog profila potoka Jankovac. Razlike u temperaturi vode između postaja bile su statistički značajne (Tablica 3, Slika 4). Koncentracija otopljenog kisika pokazivala je očekivani negativni gradijent od ušća prema slapu. U ujezerenjima (J1, J2), čije dno je bilo uvelike prekriveno submerznim makrofitima, koncentracije otopljenog kisika bile su veće u odnosu na one izmjerene u lotičkim postajama (JI, JS), međutim nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$; Slika 4).

Tablica 3 Statistička značajnost promjena fizičko-kemijskih čimbenika, hranjivih tvari i izvora hrane s obzirom na postaje i sezone (ANOVA)

	F	p		F	p
Temperatura (°C)			KPK (mg O_{2(Mn)}/L)		
Postaja	9,178	0,002	Postaja	0,400	0,756
Sezona	13,898	0,001	Sezona	8,447	0,005
Postaja*Sezona	0,561	0,753	Postaja*Sezona	0,125	0,991
Otopljeni kisik (mg O₂/L)			c (N-NO₃⁻) (mg N-NO₃⁻/L)		
Postaja	0,713	0,563	Postaja	102,509	0,000
Sezona	0,393	0,683	Sezona	61,021	0,000
Postaja*Sezona	0,406	0,861	Postaja*Sezona	2,224	0,112
Konduktivitet (μS/cm)			c (P-PO₄³⁻) (mg P-PO₄³⁻/L)		
Postaja	66,745	0,000	Postaja	0,878	0,480
Sezona	4,650	0,032	Sezona	0,065	0,938
Postaja*Sezona	6,035	0,004	Postaja*Sezona	0,790	0,595
pH			Chl <i>a</i> (μg/L)		
Postaja	48,229	0,000	Postaja	4,180	0,031
Sezona	1,995	0,179	Sezona	0,631	0,549
Postaja*Sezona	2,148	0,122	Postaja*Sezona	0,074	0,998
Slobodni CO₂ (mg/L)			AFDW (mg/L)		
Postaja	17,821	0,000	Postaja	4,429	0,026
Sezona	1,744	0,216	Sezona	0,730	0,502
Postaja*Sezona	1,431	0,281	Postaja*Sezona	0,352	0,896
Alkalinitet (mg CaCO₃/L)			Brzina strujanja vode (m/s)		
Postaja	59,104	0,000	Postaja	41,346	0,000
Sezona	12,923	0,001	Sezona	7,287	0,006
Postaja*Sezona	1,517	0,254	Postaja*Sezona	1,885	0,146

pH vrijednost, koncentracija slobodnog CO_2 i alkalitet. Vrijednosti *pH* su se postupno povećavale od izvora (JI $7,4 \pm 0,1$) prema slapu (JS $8,3 \pm 0,2$). Koncentracija slobodnog CO_2 i alkalinitet imali su suprotan gradijent u odnosu na *pH* i smanjivali su se od izvora (JI $15,4 \pm 2,4$ mg CO_2/L , JI $261 \pm 7,1$ mg CaCO_3/L) prema slapu (JS $4,8 \pm 2,6$ mg CO_2/L , JS 220 ± 8 mg CaCO_3/L ; Slika 4). Vrijednosti ovih čimbenika statistički su se značajno razlikovale između istraživanih postaja (Tablica 3).



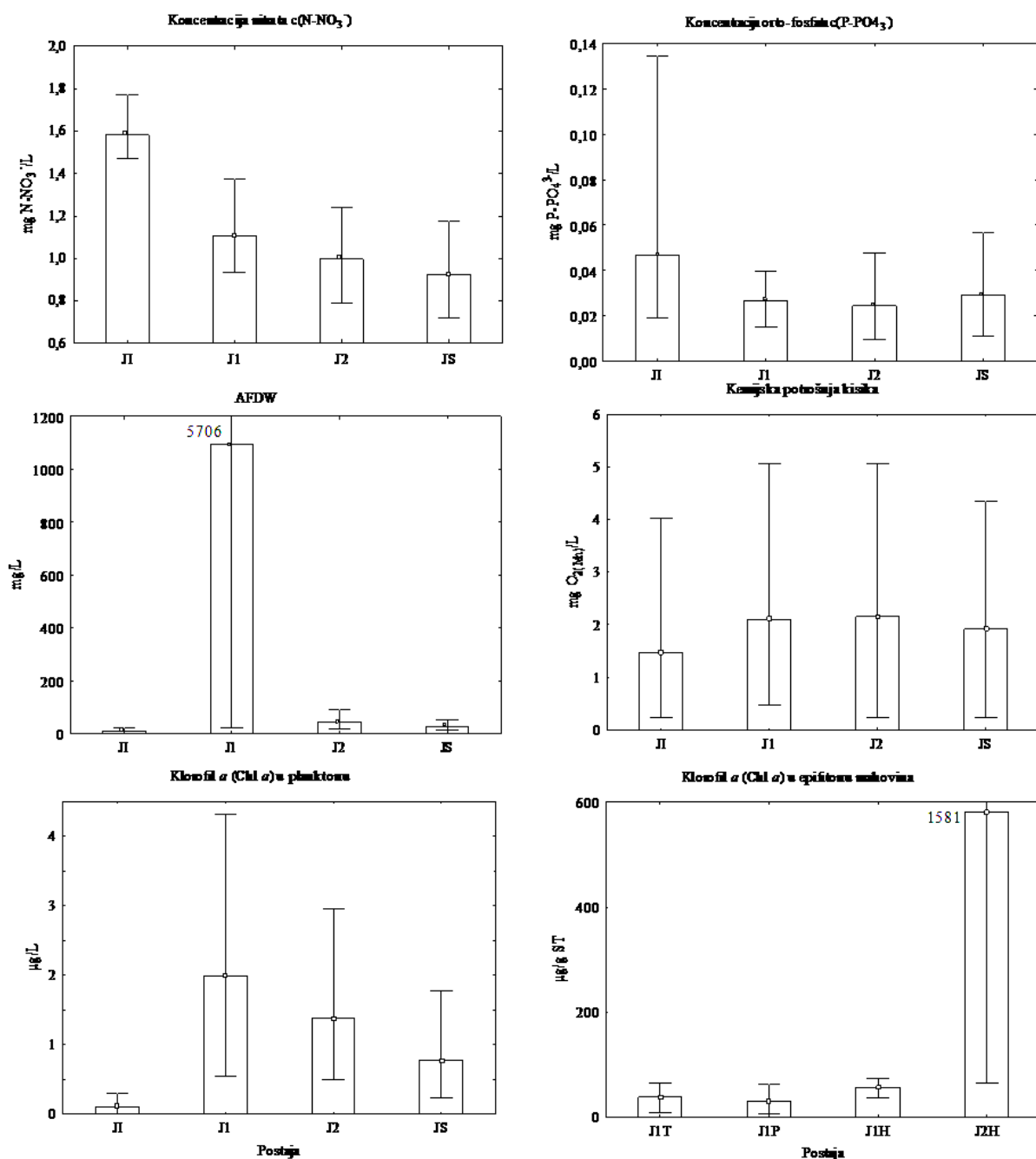
Slika 3 Srednje vrijednosti i rasponi temperature (°C), koncentracije otopljenog kisika (mg/L), *pH*, alkaliniteta, koncentracije slobodnog CO_2 i konduktiviteta na istraživanim postajama (JI – Jankovac hipokrenal, J1 - Jankovac litoral ujezerenje 1, J2 - Jankovac litoral ujezerenje 2, JS - Jankovac slap); \square srednja vrijednost, \perp Min-Maks

Konduktivitet. Konduktivitet je pokazivao negativni longitudinalni gradijent vrijednosti od izvora (JI $504,3 \pm 9,6 \mu\text{S/cm}$) prema slapu (JS $419,2 \pm 17,2 \mu\text{S/cm}$). Srednje vrijednosti konduktiviteta su u oba ujezerenja bile vrlo slične, a kretale su se oko $455 \mu\text{S/cm}$.

Koncentracija nitrata i orto-fosfata. Koncentracija nitrata je bila najviša na izvoru nakon kojeg je zabilježen negativan longitudinalni gradijent prema slapu, a razlike u koncentracijama nitrata bile su se statistički značajne prostorno i sezonski. Vrijednosti orto-fosfata bile su niske i nisu pokazivale statistički značajne prostorne ni sezonske promjene (Tablica 3, Slika 4).

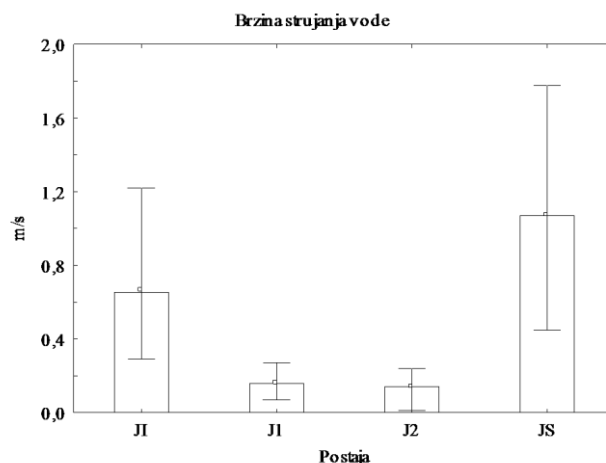
*KPK vrijednost, koncentracija klorofila *a* i suspendirane organske tvari (AFDW).* Srednje vrijednosti KPK bile su ujednačene na istraživanim postajama i kretale su se oko $2 \text{ mg O}_{2(\text{Mn})}/\text{L}$. Sezonske razlike KPK vrijednosti bile su statistički značajne (Tablica 3). Mjerenja klorofila *a* pokazala su nisku stopu primarne proizvodnje u lotičkim područjima dok su vrijednosti u ujezerenjima ukazivale na intenzivnu primarnu proizvodnju (Slika 4). Razlike u vrijednostima klorofila *a* između postaja bile su statistički značajne.

AFDW kao pokazatelj koncentracije organske tvari imao je veće vrijednosti u vodi lentičkih postaja, posebice na postaji J1 gdje je iznosio $1093,9 \pm 2264,4 \text{ mg/L}$. U lotičkim postajama vrijednost AFDW kretale se oko $18 \pm 16,65 \text{ mg/L}$.



Slika 4 Srednje vrijednosti i rasponi koncentracije nitrata, orto-fosfata, KPK, AFDW te klorofila a iz sestona i iz epifitona na istraživanim postajama (JI - Jankovac izvor, J1 - Jankovac litoral ujezerenje 1, J2 - Jankovac litoral ujezerenje 2, JS - Jankovac slap); \square srednja vrijednost, \perp Min-Maks

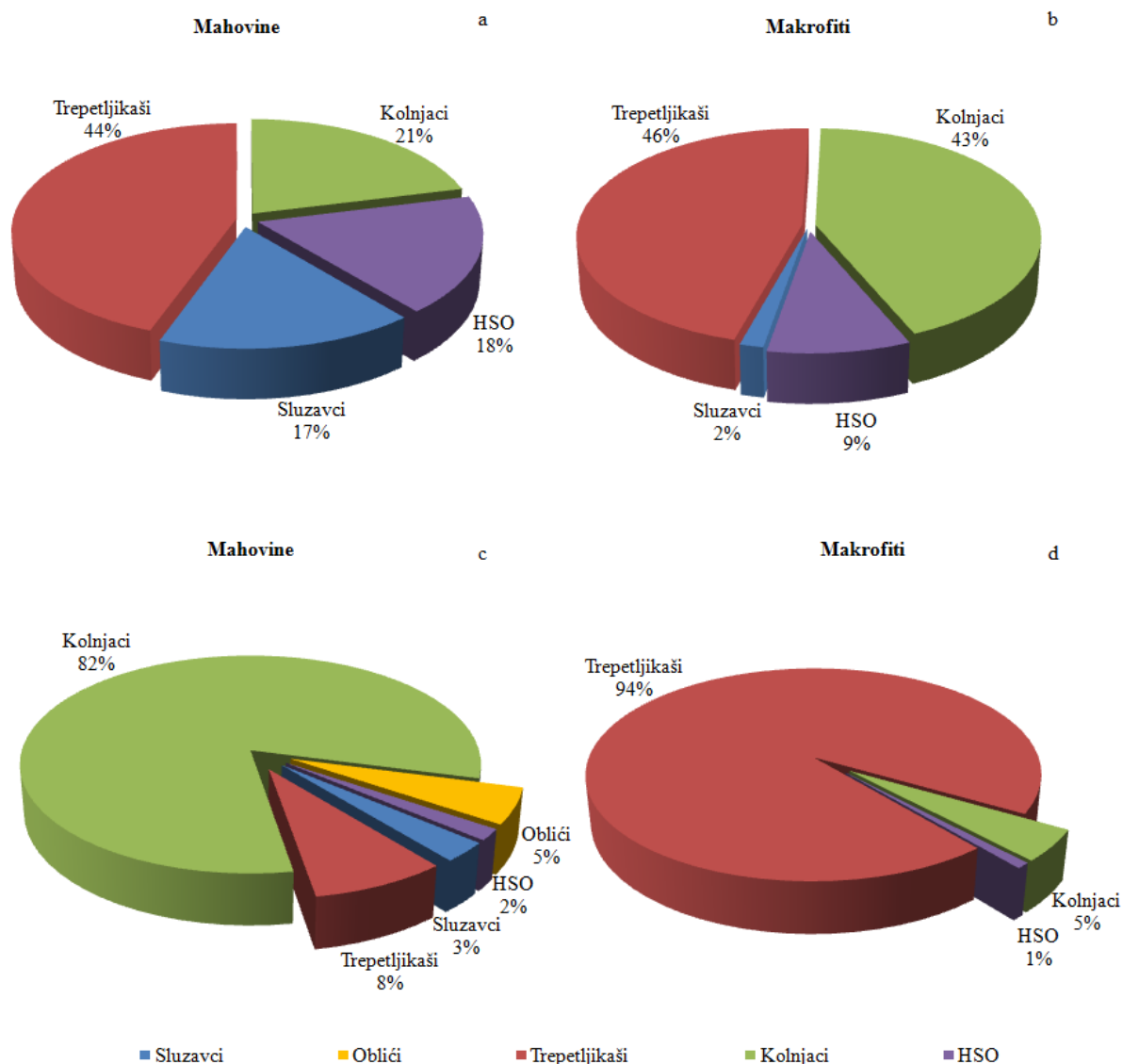
Brzina strujanja vode. Vrijednosti brzine strujanja vode na izvoru (JI $0,65 \pm 0,32$ m/s) i slapu (JS $1,07 \pm 0,45$ m/s) bile su očekivano više nego vrijednosti u ujezerenjima. Brzine strujanja vode u ujezerenjima kretale se svega oko 0,15 m/s. Izmjerene vrijednosti brzine strujanja vode bile su statistički značajne između postaja i sezona (Tablica 3).



Slika 5 Srednja vrijednost i rasponi brzina strujanja vode na istraživanim postajama (JI - Jankovac izvor, J1 - Jankovac litoral ujezerenje 1, J2 - Jankovac litoral ujezerenje 2, JS - Jankovac slap); \square srednja vrijednost, \perp Min-Maks

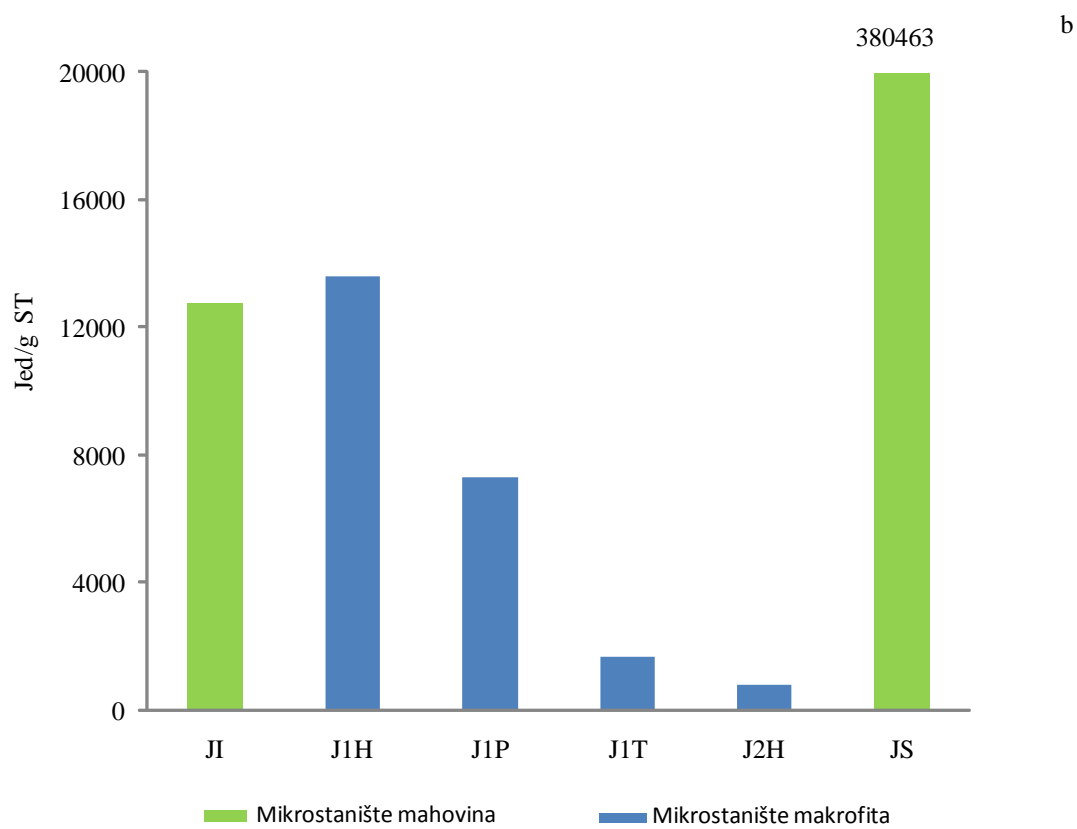
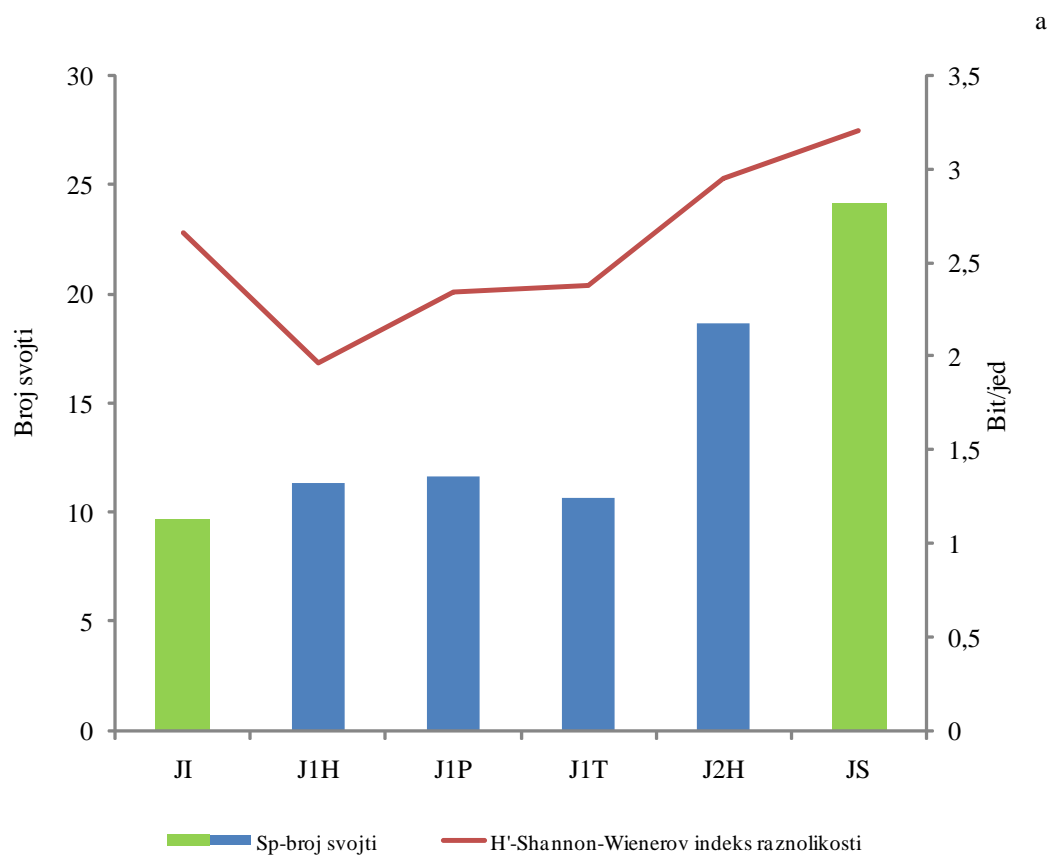
4.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona

Na longitudinalnom profilu potoka Jankovac analiziran je kvalitativni i kvantitativni sastav obraštajnih zajednica (epifitona) mahovina i makrofita. Trepetljikaši su dominirali raznolikošću na oba staništa s 40 svojti (44%) u epifitonu mahovina i 30 svojti (46%) u epifitonu makrofita (Slika 6a, b). U epifitonu mahovina s manjom raznolikošću bili su zastupljeni kolnjaci (19 svojti, 21%) dok su s većim udjelom (43%) i brojem svojti (28) bili prisutni u epifitonu mahovina. Heterogena skupina organizama (HSO) je ukupnoj raznolikosti epifitona mahovina pridonijela 18% dok je raznolikosti epifitona makrofita pridonijela samo 9%. U abundanciji epifitona mahovina prevladavali su kolnjaci (160.800 ± 513.400 jed/g ST, 82%) dok su trepetljikaši pridonijeli sa samo 8% (16.400 ± 15.000 jed/g ST; Slika 6c). Udio kolnjaka u epifitonu makrofita bio je tek 5% (270 ± 530 jed/g ST) dok su trepetljikaši dominirali s udjelom od 94% (5.500 ± 11.500 jed/g ST; Slika 6d). Sluzavci, oblići i heterogena skupina organizama (HSO) zajedno imali su samo 9%-tni udio u abundanciji epifitona mahovina i samo 1% udjela u abundanciji epifitona makrofita.



Slika 6 Udio pojedinih skupina u raznolikosti zookomponente epifitona mahovina (a) i makrofita (b); udio pojedinih skupina u abundanciji zookomponente epifitona mahovina (c) i makrofita (d)

Na Slici 7 uočava se povećanje broja svojti od izvora (9,6) prema slapu (24). Izuzev nešto više vrijednosti zabilježene u izvorišnom području (JI), Shanon-Wienerov indeks raznolikosti također je pokazivao sličan trend povećanja od izvora prema slapu gdje je zabilježen najveći broj svojti (76) i najveća raznolikost (3,2 bit/jed).



Slika 7 Srednje vrijednosti broja svojti i Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (a) te srednje vrijednosti abundancije (b)

Daljnjom analizom epifitona Sørensenovim indeksom utvrđena sličnost epifitona mahovina bila je svega 24% između mikrostaništa s debelim i gustim slojem mahovina (JI) te mikrostaništa s rijetkim i rahlim slojem mahovina (JS). Sličnost mikrostaništa makrofita bila je malo veća, 30% ($J1H - J1T = 32\%$, $J1H - J2H = 30\%$, $J1P - J1H = 29\%$, $J1P - J1T = 27\%$, $J1T - J2H = 26\%$, $J1P - J2H = 25\%$).

Statistički značajna pozitivna korelacija između temperature vode te abundancije i raznolikosti epifitona utvrđena je u mahovinama i makrofitima (Tablica 4). Vrijednosti klorofila *a* i AFDW kao izvora hrane pozitivno su korelirale s brojnošću i raznolikošću epifitona mahovina dok je u makrofitima značajan pozitivan utjecaj na abundanciju i raznolikost imala koncentracija otopljenog kisika. Abundancija i raznolikost povećavale su se s povećanjem brzine strujanja vode u epifitonu mahovina dok je inverzna korelacija zabilježena u epifitonu makrofita.

Tablica 4 Statistički značajne korelacije (Spearmanov koeficijent, $n = 12$, $p < 0,05$) između okolišnih čimbenika te abundancije (jed/g ST) i raznolikosti (broj svojti) epifitona na mahovinama i makrofitima

Mahovine		Makrofiti	
<i>r</i>		<i>r</i>	
Abundancija (jed/g ST)		Abundancija (jed/g ST)	
Temperatura	0,43	Temperatura	0,64
pH	0,86	Otopljeni kisik	0,61
Klorofil <i>a</i>	0,54	Brzina	-0,61
AFDW	0,60		
Brzina	0,61		
Raznolikost (broj svojti)		Raznolikost (broj svojti)	
Temperatura	0,64	Temperatura	0,72
pH	0,72	Otopljeni kisik	0,66
Klorofil <i>a</i>	0,60	Brzina	-0,55
AFDW	0,61		
Brzina	0,52		

4.2.1. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona mahovina

Kvalitativni i kvantitativni sastav epifitona mahovina na istraživanim postajama JI i JS prikazuje Tablica 5 i Slika 8. Rezultati Mann-Whitney U testa pokazuju signifikantnu razliku broja svojti (broj svojti $N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,88$; $p = 0,004$) i Shannon-Winerovog indeksa

raznolikosti ($N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,92$; $p = 0,05$) između epifitona mahovina mikrostaništa JI i JS. Signifikantna razlika zabilježena između istraživanih mikrostaništa za skupine sluzavaca ($N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,56$; $p = 0,05$), kolnjaka ($N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,88$; $p = 0,05$), oblića ($N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,88$; $p = 0,05$) te heterogenu skupinu organizama ($N_{JI, JS} = 6$; $Z = -2,556$ $p = 0,05$).

Jl. Na postaji/mikrostaništu, s gušćim pokrovom mahovina zabilježeno je 39 svojti sa srednjom abundancijom od 12.800 ± 7.700 jed/g ST. Trepetljikaši s 19 svojti i abundancijom od 9.300 ± 6.600 jed/g ST najviše su doprinjeli brojnosti (73%) i raznolikosti ovog mikrostaništa (49%; Tablica 5, Slika 8). Maksimalna abundancija trepetljikaša zabilježena je u svibnju (19.911 jed/g ST), a najbrojnija vrsta ove skupine bila je *Glaucoma scintillans* s 9.903 jed/g ST. Sve ostale zabilježene skupine organizama imale su znatno manju brojnost ili raznolikost. Tako su sluzavci bili zastupljeni sa 6 svojti (16%) i sedam puta manjom abundancijom (1.300 ± 2.300 jed/g ST) u odnosu na trepetljikaše. Među sluzavcima brojnošću se isticala vrsta *Euglypha tuberculata* koja je postigla maksimum u rujnu (4.552 jed/g ST). Za istaknuti je također i skupina kukaca koja je ostvarila abundanciju od 1.100 ± 750 jed/g ST sa samo 4 svojte. Abundancija kolnjaka (570 ± 600 jed/g ST) iznosila je svega 4% od ukupne abundancije ovog mikrostaništa. Od svih skupina zabilježenih u epifitonu hipokrenala, samo se abundancija oblića statistički značajno povećavala s masom suhe tvari mahovina ($n = 6$, $r = 0,81$, $p < 0,05$).

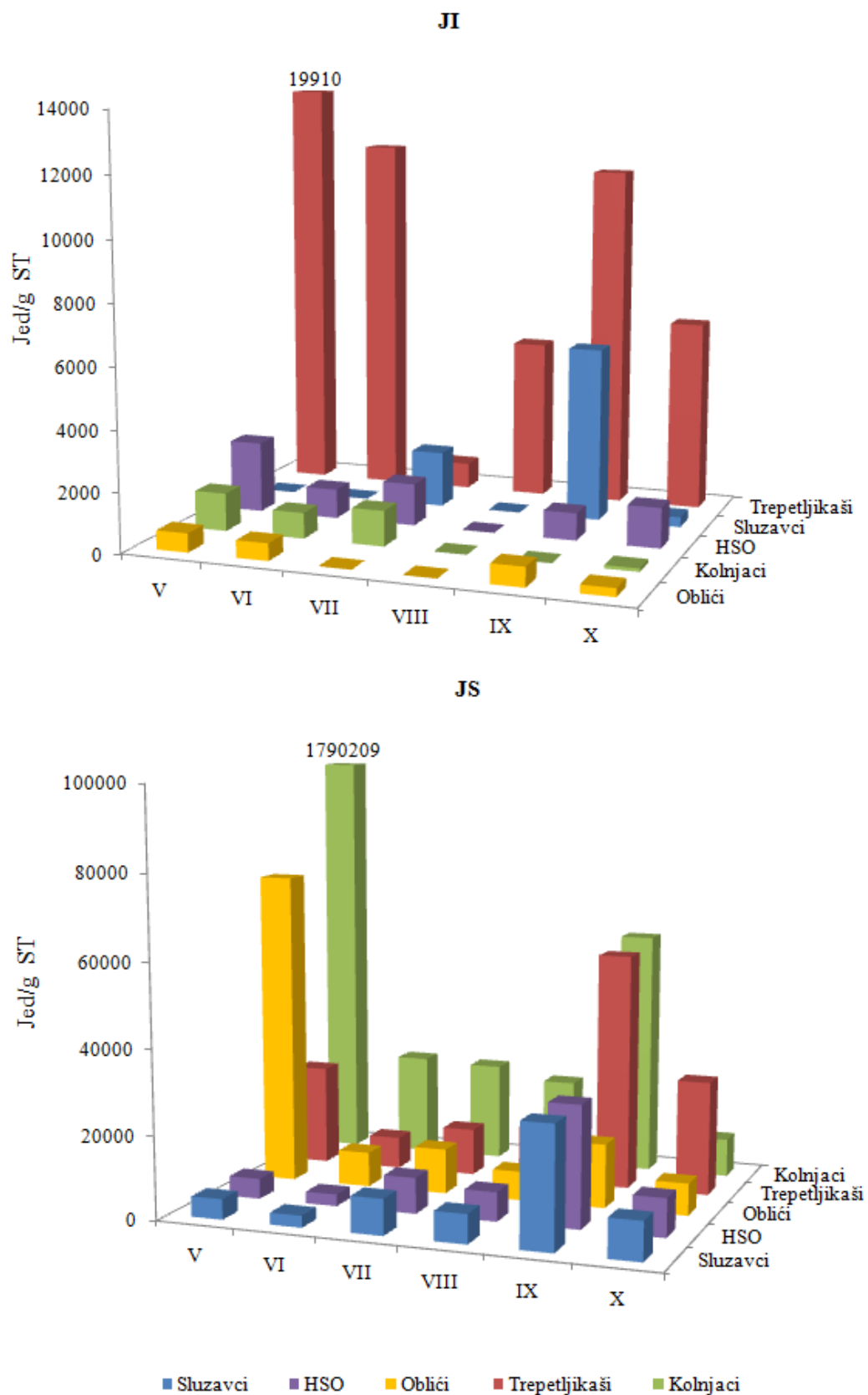
JS. U mikrostaništu s raštrkanim busenima mahovina na slapu zabilježeno je 76 svojti u epifitonu s abundancijom 380.500 ± 75.000 jed/g ST (Tablica 5, Slika 8). Najveću raznolikost imali su trepetljikaši (34 svojte) kojima je najveća brojnost i raznolikost zabilježena u jesen (21 svojta, 84.396 jed/g ST). Kolnjaci su na ovoj postaji zabilježeni sa samo 17 svojti (22%), ali su najviše pridonjeli (84%) ukupnoj abundanciji epifitona na slapu (321.100 ± 719.900 jed/g ST). Maksimumu abundancije kolnjaka koji je zabilježen u svibnju ($1.926.760$ jed/g ST) najviše su doprinjeli Bdelloidea s $1.765.226$ jed/g ST (92%). Ukupnoj raznolikosti epifitona na ovom mikrostaništu značajnije su pridonjeli sluzavci s 13 svojti (17%).

Tablica 5 Kvalitativne i kvantitativne promjene epifitona mahovina na istraživanim postajama/mikrostaništima (JI – epifiton gustih busena mahovina Jankovac hipokrenal, JS – raštrkani buseni mahovina Jankovac slap)

		Mikrostanište						JS					
		Mjesec											
		V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	X
Skupina	Svojta	Jed/g ST						Jed/g ST					
Sarcodina	<i>Actinophrys sol</i> (Ehrenberg, 1830)			180,1		975,4						7799,4	895,2
	<i>Actinophrys</i> sp.										1161,1		
	<i>Actinosphaerium eichhorni</i> (Ehrenberg, 1898)									209,7			
	<i>Arcela vulgaris</i> (Ehrenberg, 1830)									209,7			
	<i>Arcella conica</i> (Playfair, 1918)			1496,4									
	<i>Centropyxis</i> sp.										580,6		
	<i>Cyphoderia margaritacea</i> (Schluimberger, 1845)									698,5			
	<i>Diffugia tuberculata</i> (Wallich, 1864)							4861,1					
	<i>Euglypha alveolata</i> (Dujardin, 1841)					260,4					5225,2		
	<i>Euglypha laevis</i> (Perty, 1841)									2822,7			
	<i>Euglypha tuberculata</i> (Dujardin, 1841)					4552,0			2645,0	4859,4			8030,1
	<i>Mayorella</i> sp.												289,5
	<i>Pseudodiffugia gracilis</i> (Schlumberger, 1845)			180,1									
	<i>Trichamoeba</i> sp.								185,6				
	<i>Vahlkampfia</i> sp. (Vahlkampf, 1905)						336,2					21129,5	
Sarcodina ukupno				1856,6		5787,8	336,2	4861,1	2830,6	8590,3	6966,9	28928,9	9214,9
Ciliophora	<i>Amphileptus claparedei</i> (Stein, 1867)											1647,4	
	<i>Aspidisca aculeata</i> (Ehrenberg, 1838)	1149,9						3466,7					
	<i>Aspidisca costata</i> (Dujardin, 1941)		285,9						2108,1	397,1		13000,8	3843,7
	<i>Aspidisca lynceus</i> (Ehrenberg, 1838)				386,1	1625,7			775,6	209,7	531,4	9101,1	2238,0
	<i>Chilodonella</i> sp.	229,8											
	<i>Cinetochilum margaritaceum</i> (Perty, 1852)		4574,6			4032,5	112,1		742,5			5201,3	1632,3
	<i>Cyclidium glaucoma</i> (O.F. Müller, 1773)											3899,7	1342,8
	<i>Dysteria fluvialis</i> (Stein, 1859)		2081,4			325,1	784,4		185,6				
	<i>Euplotes</i> sp.			180,1					328,1	4194,5	2090,1		
	<i>Frontonia acuminata</i> (Ehrenberg, 1833)					1903,4				838,9	1929,3		
	<i>Glaucoma scintillans</i> (Ehrenberg, 1830)	9903,2	2817,1			565,6			918,1		1161,1		
	<i>Holophrya nigricans</i> (Lauterborn, 1894)					565,6							
	<i>Holosticha pullaster</i> (O.F. Müller, 1773)						723,7						1632,3
	<i>Holotricha</i> sp.	2877,7	1265,6			1431,4	1783,5	8545,4	371,2	1869,4	2411,0	8128,7	6344,5
	<i>Lacrymaria olor</i> (O.F. Müller, 1786)												289,5
	<i>Lacrymaria</i> sp.												737,1
	<i>Litonotus fasciola</i> (Ehrenberg, 1838)							6933,3	109,4	1128,2			
	<i>Litonotus alpestris</i> (Foissner, 1978)												2948,5
	<i>Litonotus lamella</i> (O.F. Müller, 1773)												447,6
	<i>Loxodes rostrum</i> (O.F. Müller, 1773)				193,1								
	<i>Ophryoglena</i> sp.												289,5
	Oxytrichidae	4945,9	1061,7	678,9		1886,1			513,8	826,8	348,3	7151,2	289,5
	<i>Paramecium putrinum</i> (Claparede & Lachmann, 1858)	114,9											
	<i>Paramecium</i> sp.									407,3	1161,1		
	<i>Plagiocampa</i> sp.										1161,1		
	<i>Pseudochilodontopsis</i> sp.												
	<i>Spathidium</i> sp.	689,4											289,5
	<i>Stentor roeseli</i> (Ehrenberg, 1835)												447,6
	<i>Stokesia vernalis</i> (Wenrich, 1929)				193,1								
	<i>Tetrahymena pyriformis</i> (Ehrenberg, 1830)				1530,9	260,4	224,1				580,6		289,5
	<i>Tintinnopsis lacustris</i> (Entz, 1885)								371,2				

Tablica 5 nastavak

		JI						JS					
Mjesec		V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	X
Skupina	Svojta	Jed/g ST						Jed/g ST					
	<i>Trochilia minuta</i> (Roux, 1899 1901)					1886,1	2731,2		185,6				2527,5
	<i>Urotricha</i> sp.									407,3			
	<i>Vorticella campanula</i> (Ehrenberg, 1831)												289,5
	<i>Vorticella convallaria</i> (Linne, 1758)									183,3			
	<i>Vorticella microstoma</i> (Ehrenberg, 1830)											1625,7	
	<i>Vorticella similis</i> (Stokes, 1887)							5078,8		838,9		5525,5	1342,8
	<i>Vorticella</i> sp. (swarmer)											3251,5	
Ciliophora ukupno		19910,8	12086,3	859,0	5337,7	11447,3	6359,0	24024,2	6609,2	11301,5	13021,5	56885,5	27211,8
Rotifera	<i>Bdelloidea</i>	804,3						1765225,9	13728,8	15127,0	12941,1		
	<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg, 1838)										357,2	1949,9	
	<i>Cephalodella hoodi</i> (Goose, 1896)						112,1	4861,1					
	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)							2430,6			2322,3	27961,7	1921,8
	<i>Colurella uncinata</i> (O.F. Müller, 1773)		571,8	180,1				8327,8	5813,7	3427,1	1112,0		
	<i>Dicranophorus caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)										580,6		
	<i>Dicranophorus forcipatus</i> (Müller, 1786)	229,8									2090,1		
	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)											9101,1	
	<i>Dissotrocha acculeata</i> (Ehrenberg, 1832)		285,9						295,0	838,9			
	<i>Encentrum mustela</i> (Milne, 1885)	229,8											
	<i>Habrotricha</i> sp.											1949,9	
	<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)			498,8									
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)							3466,7					
	<i>Lepadella patella</i> (O. F. Müller, 1786)							3466,7	185,6		348,3	1949,9	
	<i>Macrotrachela</i> sp.									838,9			
	<i>Notomata</i> sp.							2430,6					
	<i>Philodina roseola</i> (Ehrenberg, 1832)								3341,1	3343,5	348,3	15928,1	2211,3
	<i>Rotaria</i> sp.			498,8					1779,9		580,6		5028,4
	<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg, 1832)								185,6				
Rotifera ukupno		1263,9	857,7	1177,7			112,1	1790209,3	25329,8	23575,4	20680,5	58840,5	9161,5
Gastrotricha	<i>Chaetonotus chuni</i> (Voigt, 1901)								109,4				
	<i>Chaetonotus hystrix</i> (Metschnikoff, 1865)								513,8	91,6		1949,9	
	<i>Chaetonotus macrochaetus</i> (Zelinka, 1889)												447,6
	<i>Chaetonotus maximus</i> (Ehrenberg, 1831)			180,1				10400,0		1036,5	2259,4		
Gastrotricha ukupno				180,1				10400,0	623,1	1128,2	2259,4	1949,9	447,6
Nematoda	<i>Monhystera</i> sp.								984,4				
	Nematoda	632,4	571,8			650,3	275,4	74811,9	7351,7	10781,2	6974,9	15274,8	7687,3
Nematoda ukupno		632,4	571,8			650,3	275,4	74811,9	8336,1	10781,2	6974,9	15274,8	7687,3
Turbellaria	<i>Geocentrophora applanata</i> (Kennel, 1889)											1949,9	
Oligochaeta	<i>Chaetogaster diastrophus</i> (Gruithuisen, 1828)							1612,1					
	Oligochaeta								328,1		732,2		
Oligochaeta ukupno								1612,1	328,1		732,2		
Copepoda	nauplij								480,6		549,1		
Insecta	Chironomidae larvae	344,7	979,7	498,8		910,7	112,1		775,6	576,3		7151,2	2079,9
	<i>Elmis aenea</i> adult						448,2						
	Ephemeroptera larvae			720,5									
	Plecoptera larvae	2015,5					775,0						
Insecta ukupno		2360,2	979,7	1219,3		910,7	1335,3		775,6	576,3		7151,2	2079,9
Epifiton mahovina ukupno		24167,3	14495,6	5292,7	5337,7	18796,1	8417,9	1904306,5	44985,0	55952,9	50452,3	170980,6	55813,0



Slika 8 Sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastav epifitona mahovina na istraživanim postajama (Jl – epifiton gustih busena mahovina Jankovac hipokrenal, JS – raštrkani buseni mahovina Jankovac slap); skale na osi y nisu jednako označene; HSO – heterogena skupina organizama

4.2.2. Kvalitativna i kvantitativna analiza epifitona makrofita

U ujezerenjima analiziran je kvalitativni i kvantitativni sastav epifitona makrofita (Tablica 6, Slika 9).

J1H. U ujezerenju 1 u epifitonu običnog borka (J1H) zabilježeno je ukupno 30 svojti s abundancijom od 13.600 ± 22.900 jed/g ST. Najraznolikija i najbrojnija skupina bili su trepetljikaši s 15 svojti i 38.510 jed/g ST, a zatim kolnjaci s 12 svojti i 2.070 jed/g ST (Tablica 6, Slika 9). Maksimum abundancije trepetljikaša bio je u kolovozu, a iznosio je 38.049 jed/g ST što je 95% abundancije zabilježene na ovom mikrostaništu tijekom istraživnog perioda. Vrsta *Vorticella similis* imala je najveći udio 73% (27.945 jed/g ST) u abundanciji trepetljikaša. Kolnjaci su postigli maksimum raznolikosti i abundancije također u kolovozu (11 svojti; 1.884 jed/g ST), a među njima se isticala vrsta *Trichocerca porcellus* (821 jed/gST).

J1P. U epifitonu plivajućeg mriješnjaka, u ujezerenju 1, srednja vrijednost abundancije iznosila je 7.300 ± 9.800 jed/g ST. Determinirano je 29 svojti od kojih je 15 pripadalo skupini trepetljikaša. U ovom mikrostaništu maksimalna abundancija (18.564 jed/g ST) zabilježena je u kolovozu, a najviše su joj pridonjeli trepetljikaši (99%) s 18.452 jed/g ST (Tablica 6, Slika 9). Među trepetljikašima najbrojnija vrsta bila je *Amphileptus claparedei* s 10.511 jed/g ST. Kolnjaci su na ovoj postaji bili zastupljeni s 10 svojti i vrlo malom abundancijom od svega 263 jed/g ST. Heterogena skupina organizama također je imala vrlo malu abundanciju (293 jed/g ST).

J1T. U epifitonu rogoza, u ujezerenju 1, zabilježeno je 27 svojti. Najraznolikiji i najbrojniji bili su trepetljikaši sa 17 svojti (66%) i abundancijom od 3.149 jed/g ST (93%; Tablica 6, Slika 9). Kolnjaci su bili predstavljeni sa samo 9 svojti i niskom abundancijom (227 jed/g ST) kojoj je najviše doprinijela vrsta *Trichocerca vernalis* sa 118 jed/g ST. Maksimum abundancije treptljikaša i kolnjaka u ovom mikrostaništu bio je postignut u listopadu, a ne kolovozu kako je bilo zabilježeno na ostalim postajama

J2H. Mikrostanište običnog borka u ujezerenju 2 bilo je raznolikije (46) u odnosu na ujezerenje 1, ali s vrlo niskom abundancijom (1.300 ± 1.500 jed/g ST; Tablica 6, Slika 9). Trepetljikaši su bili zastupljeni s 21 svojtom, a Rotifera s 20 svojti dok su ostale skupine epifitona bile zastupljene s jednom do dvije svojte. Kao i na prethodnim mikrostaništima,

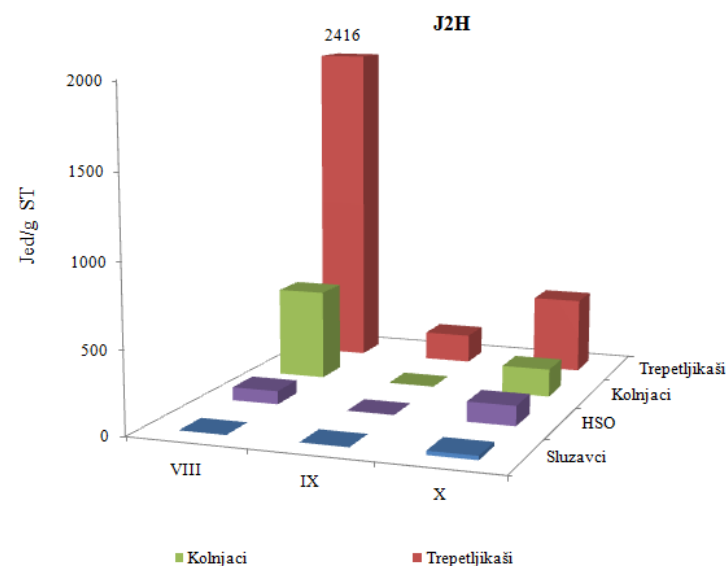
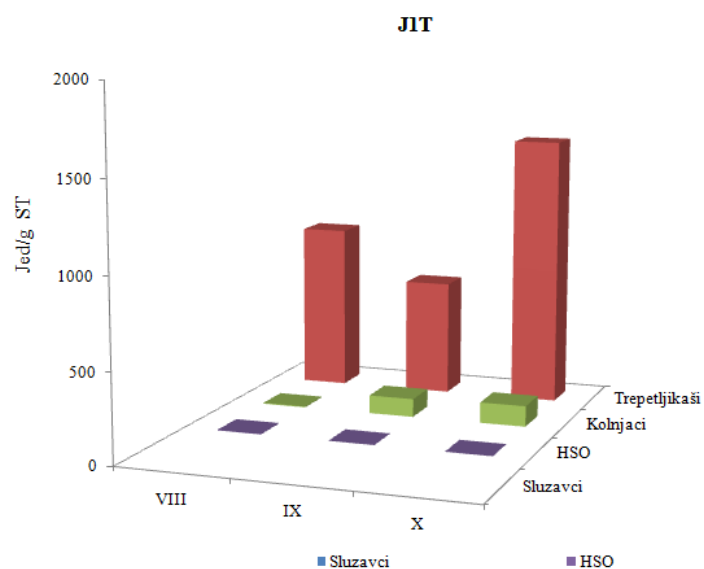
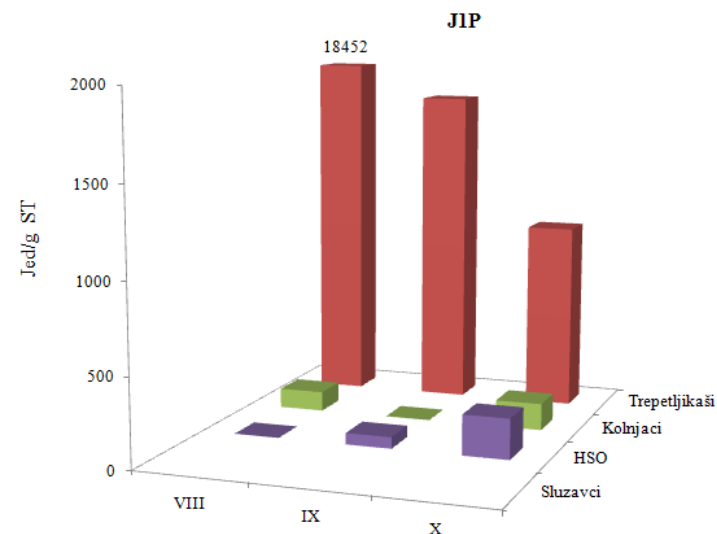
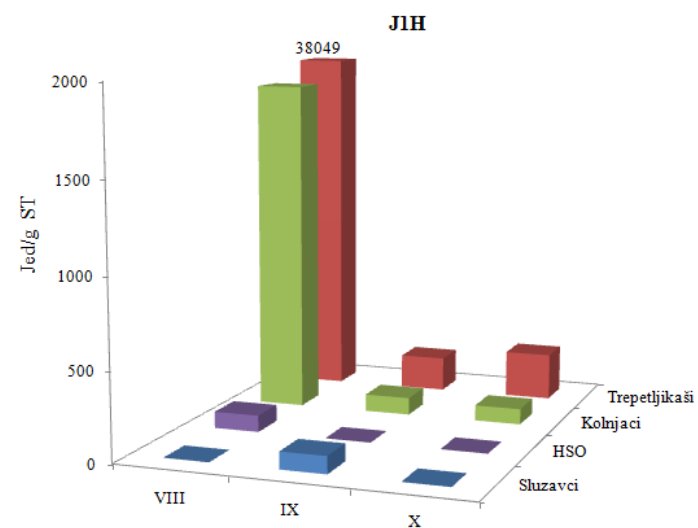
zabilježena je dominacija trepetljikaša (3.051 jed/g ST) među kojima je najbrojnija vrsta bila *Frontonia leucas* (725 jed/g ST). Abundancija kolnjaka (240 ± 281 jed/g ST) bila je četiri puta manja u odnosu na abundanciju trepetljikaša (1.000 ± 1.200 jed/g ST). U heterogenoj skupini organizama zabilježeno je 5 svojti s abundancijom od 22 ± 14 jed/g ST.

Tablica 6 Kvalitativne i kvantitativne promjene epifitona na makrofitima na istraživanim postajama (J1H- epifiton borka (*Hippuris vulgaris*) Jankovac ujezerenje 1, J1P – epifiton plivajućeg mrijesnaka (*Potamogeton natans*) Jankovac ujezerenje 1, J1T – epifiton rogoza (*Typha latifolia*) Jankovac ujezerenje 1, J2H – epifiton borka (*Hippuris vulgaris*) Jankovac ujezerenje 2

		J1H			J1P			J1T			J2H		
Mjesec		VIII	IX	X	VIII	IX	X	VIII	IX	X	VIII	IX	X
Skupina	Svojta	Jed/g ST			Jed/g ST			Jed/g ST			Jed/g ST		
Sarcodina	Actinophrys sol (Ehrenberg, 1830)	97,7									24,1		
Ciliophora	Amphileptus claparedei (Stein, 1867)				10510,8	64,8					80,5	24,1	
	Aspidisca lynceus (Ehrenberg, 1838)	44,3						56,0	139,2		80,5	24,1	
	Chilodonella sp.				3503,6								
	Cinetochilum margaritaceum (Perty, 1852)	48,8						69,6			116,7		
	Coleps hirtus (O. F. Muller, 1786)				64,8								
	Colpidium colpoda (Ehrenberg, 1838)	910,3			233,6			34,8			26,8		
	Euplotes sp.										26,8	58,4	
	Frontonia acuminata (Ehrenberg, 1833)	364,1			3425,7	453,3		559,6	69,6		778,6		
	Glaucoma scintillans (Ehrenberg, 1830)	1547,5			389,3			28,0			134,2		
	Halteria grandinella (O. F. Muller, 1773)	44,3			75,7			59,1			54,0	24,1	
	Holotricha sp.	1001,3	177,1		518,1			680,9	28,0	709,3	26,8	72,4	
	Lembadion lucens (Maskel, 1887)										107,4		
	Litonotus cygnaeus				75,7						24,1		
	Litonotus fusidens (Kahl, 1926)	273,1			155,7	388,6		56,0			375,9	48,3	
	Loxophyllum utriculariae (Penard, 1922)							28,0					
	Oxytricha sp.	182,1			155,7	64,8	227,0	177,3			48,3		
	Paramecium bursaria (Ehrenberg, 1831)				64,8								
	Paramecium sp.							28,0			80,5		
	Plagiocampa rouxi (Schewiakoff, 1892)	1911,6			77,9								
	Prorodon niveus (Ehrenberg, 1833)										107,4		
Pseudoprorodon sulcatus (Kahl)	637,2			194,3			111,9			268,5	169,0		
Stentor amethystinus (Leidy, 1880)													
Stylonychia pustulata (O. F. Muller, 1786)							28,0						
Tetrahymena pyriformis (Ehrenberg 1830)	1547,5						28,0						
Trachelophyllum sigmoides (Kahl, 1926)										107,4			
Urostyla viridis (Stein, 1859)	546,2												
Urotricha saprophila (Kahl, 1930)										53,7			
Vorticella monilata (Tatem, 1870)	1183,4	146,5					34,8						
Vorticella similis (Stokes, 1887)	27945,3						313,2			591,1	107,4	24,1	
Ciliophora ukupno		38049,3	195,4	265,6	18452,3	1813,5	1059,2	951,3	661,1	1536,8	2416,8	175,1	458,8
Rotifera	Bdelloidea	12,2			6,0			0,3			11,3	24,1	
	Brachionus polyacanthus (Ehrenberg, 1834)										0,7		
	Cephalodella gibba (Ehrenberg, 1830)	88,5									24,1		
	Cephalodella hoodi (Gosse, 1886)										80,5		
	Colurella monodactylus	4,6											
	Colurella obtusa (Gosse, 1886)	3,1	48,8					0,1			3,5		
	Colurella uncinata (O. F. Muller, 1773)				77,9			69,6			24,1		
	Cyrtonia tuba (Ehrenberg, 1834)							0,1					
	Dicranophorus caudatus (Ehrenberg, 1834)	273,1			75,7						107,4		
	Euchlanis dilatata (Ehrenberg, 1832)										134,2	24,1	
	Keratella cochlearis (Gosse, 1851)										0,7		
	Keratella quadrata (Müller, 1786)										0,7		

Tablica 6 nastavak 1

		Mjesec			J1H			J1P			J1T			J2H		
		VIII	IX	X	VIII	IX	X	VIII	IX	X	VIII	IX	X	VIII	IX	X
Skupina	Svojta	Jed/g ST			Jed/g ST			Jed/g ST			Jed/g ST			Jed/g ST		
	<i>Lecane clara</i> (Bryce, 1892)	1,5														
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)				1,2						0,7			2,1		
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	3,1	48,8		1,2									0,7		
	<i>Lepadella patella</i> (O. F. Müller, 1786)	385,5			11,9						0,7			7,8		48,3
	<i>Lepadella quadricarinata</i> (Stenroos, 1898)				2,4											
	<i>Linda pallida</i> (Cohn, 1858)										34,8					
	<i>Linda truncata</i> (Jennings, 1894)	273,1												134,2		
	<i>Macrotrachela</i> sp.													26,8		
	<i>Monommata longiseta</i> (O. F. Muller, 1786)	1,5									0,1			1,4		
	<i>Mytilina mucronata</i> (O. F. Muller, 1773)													0,7		
	<i>Rotaria</i> sp.															24,1
	<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)						75,7									
	<i>Trichocerca brachyura</i> (Gosse, 1851)				3,6											
	<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)	820,8														
	<i>Trichocerca relicta</i> (Donner, 1950)													20,6		
	<i>Trichocerca vernalis</i> (Hauer, 1936)	105,6			7,2						2,4		118,2	15,6		
Rotifera ukupno		1884,0	97,7	88,5	111,3		151,3	4,6	104,4	118,2				549,3		169,0
Gastrotricha	<i>Chaetonotus hystrix</i> (Metschnikoff, 1865)	91,0					64,8							80,5		
	<i>Chaetonotus maximus</i> (Ehrenberg, 1831)															24,1
Gastrotricha ukupno		91,0					64,8							80,5		24,1
Nematoda	Nematoda				1,2											
Copepoda	<i>Cyclocypris laevis</i> (O. F. Müller, 1776)															72,4
	<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jurine, 1820)						75,7				1,2					
Copepoda ukupno							75,7				1,2					72,4
Insecta	Ephemeroptera larvae	3,1					151,3									24,1
Epifiton makrofita ukupno		40027,4	390,7	354,1	18564,8	1878,2	1437,5	957,0	765,5	1655,0	3046,6	175,1	772,7			



Slika 9 Promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastav epifitona na makrofitima na istraživanim postajama (J1H- epifitona borka ujezerenje 1, J1P – epifiton plivajućeg mriješnjaka ujezerenje 1, J1T – epifiton rogoza ujezerenje 1, J2H – epifiton borka ujezerenje 2); HSO – heterogena skupina organizama

5.0. RASPRAVA

U istraživanju epifitona na longitudinalnom profilu potoka Jankovac razlikovala su se dva tipa staništa, lotičko s vegetacijom mahovina i lentičko s vegetacijom makrofita. Svrha rada bila je utvrditi utjecaj abiotičkih i biotičkih čimbenika na brojnost i raznolikost zajednica epifitona mahovina i makrofita.

Fizičko-kemijski čimbenici

Niske i konstantne temperature zabilježene na postaji JI karakteristične su za izvore. U ujezerenjima zabilježen je porast temperature vode uslijed akumulacije veće količine topline čemu je pridonijela osvjetljenost ujezerenja. Nasuprot ujezerenjima, slap je bio zasjenjen što smatram da je utjecalo na pad temperature vode slapa u odnosu na uzvodna ujezerenja.

Najviša vrijednosti koncentracije otopljenog kisika bila je izmjerena u području izvora što objašnjavam fizikalnom zakonitošću koja navodi da se kod nižih temperatura vode, poput onih na izvoru, povećava topivost plinova u vodi. Najviše vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u ujezerenjima objašnjavam fotosintetskim učinkom makrofita koje prekrivaju u velikom postotku dna obaju ujezerenja.

Važni čimbenici u održavanju puferskog kapaciteta vode su pH, slobodni CO₂ i alkalinitet koji djeluju sinergistički u procesu precipitacije kalcita te pridonose recentnom taloženju sedre na slapu Skakavac (JS). Najveća srednja vrijednost pH izmjerena na postaji JS posljedica je recentnog stvaranja sedre. Podzemne vode bogate su ugljičnim dioksidom što je uzrokovalo najviše vrijednosti slobodnog CO₂ na izvoru. Smatram da je smanjenje koncentracije slobodnog CO₂ u ujezerenjima rezultat brze difuzije ugljičnog dioksida u atmosferu te potrošnje ugljičnog dioksida fitokomponente. Pojačano rasprskivanje vode na slapu pospješuje difuziju ugljičnog dioksida iz vode što potiče precipitaciju kalcijevog karbonata (PENTECOST i ZHAOHUI 2002). Vrijednosti alkaliniteta također su se smanjivale od izvora prema slapu kako se povećavalo taloženje sedre pri čemu se hidrogenkarbonat raspada i smanjuje se njegova koncentracija (SRDOČ i sur. 1985).

Visoka vrijednost konduktiviteta u području izvora posljedica je geološke podloge koja se sastoji od topljivih sedimentnih karbonatnih stijena (KALFF 2002). Ovakva podloga u kontaktu s vodom oslobađa hidrogenkarbonatne i karbonatne ione čime se povećava konduktivitet vode.

Koncentracije nitrata zabilježene na izvoru potoka su relativno visoke u odnosu na druge slične krške ekosustave u Hrvatskoj (ŠPOLJAR i sur. 2007). Pretpostavljam da nitrati potiču iz poljoprivrednih površina od kuda se kišom ispiru u krški vodonosnik iz kojeg se potok Jankovac snabdijeva vodom. Vrijednosti koncentracije ortofosfata bile su niske duž čitavog profila potoka, što je obilježje oligotrofnih sustava (CAZZANELLI i sur. 2008).

Koncentracija klorofila *a* mjerena je kao pokazatelj primarne proizvodnje i izvora hrane u sustavu. Najniža vrijednost, zabilježena na izvoru potoka posljedica je zasjenjenosti potoka koja ovo mikrostanište čini izrazito nepovoljnim za razvoj primarnih proizvođača. Naglo povećanje koncentracije klorofila *a*, a time i primarne proizvodnje u ujezerenjima rezultat je promjena vrijednosti okolišnih čimbenika potrebnih za fotosintezu i razvoj fitoplanktona (povišena temperatura vode, smanjenje brzine strujanja vode). Također, retencija vode u ujezerenjima ima pozitivan učinak na odvijanje fotosinteze jer omogućuje dovoljno vremena za razvoj fitoplanktona, što su utvrdili drugi autori koji navode pozitivnu korelaciju između vremena zadržavanja vode i koncentracije klorofila *a* (BASU i PICK, 1996; WELKER i WALZ, 1998).

Vrijednost KPK ekvivalentna je količini otopljene organske tvari koji organizmi epifitona (trepetljikaši, sluzavci, kolnjaci) iskorištavaju kao hranu (ŠPOLJAR i sur. 2005). Najniža vrijednost KPK zabilježena je na izvoru što smatram rezultatom niske produktivnosti mikrostaništa izvora. U ujezerenjima zabilježene su najviše vrijednosti KPK koje smatram posljedicom povećanja primarne i sekundarne proizvodnje, a time i mikrobne razgradnje.

U organskoj tvari čestice detritusa najčešće imaju znatno veći udio u odnosu na živu komponentu te su osnovni izvor hrane za brojne protozoa, kolnjake i rakove rašljoticalce. Koncentracije organske tvari imale se veće vrijednosti u sestonu lentičkih postaja što smatram posljedicom velikog udjela živih organizama poput ličinki vodencvjetova koje su bile prisutne u ujezerenjima čitavo vrijeme istraživanja (ŠPOLJAR i sur. 2008).

Prema uredbi o klasifikaciji voda (NARODNE NOVINE 77, 1998), koja na temelju stupnja trofije implicira produkciju nekog sustava, Jankovac pripada oligotrofnim vodama s obzirom na koncentraciju ortofostata, koncentraciju kisika, zasićenja kisikom, konduktiviteta, alkaliniteta i KPK, dok s obzirom na koncentraciju nitrata pripada mezotrofnim vodama.

Brzine strujanja vode značajno su se razlikovale između slapa i izvora što objašnjavam razlikama u nagibu podloge koja je na slapu imala vrlo značajan pad od 63,4°. Smatram da je manja brzina strujanja vode u hipokrenalnom području (JI) omogućila razvoj gustog mahovinskog pokrivača. U ujezerenjima brzina strujanja vode znatno se smanjila. Smatram da bogata vodena vegetacija koja prekriva 50 - 70% dna ujezerena također usporava struju vode, naročito u priobalnom području. SEAR (1977) je u laboratorijskim uvjetima potvrdio da podvodne livade vrste *Myriophyllum spicatum* mogu usporiti tok vode za 36%.

Epifiton

Epifiton na mahovinama. SUREN (1993) je utvrdio da debeli i gusti pokrovi mahovina, poput onih na izvoru, podržavaju veću brojnost beskralješnjaka nego raštrkani pokrovi kakvi su prevladavali na slapu. Ipak, na potoku Jankovac zabilježena je veća abundancija epifitona na mikrostaništu slapa. Ovaj rezultat objašnjavam obogaćivanjem zajednice epifitona organizmima i detritusom koji su porijeklom iz ujezerenja. Naime, struja vode kroz lentički dio toka otplavljuje organizme iz ujezerenja nizvodno u područje slapa gdje su se zadržavali na busenima mahovina koji djeluju poput finog filtera (SANDLUND 1982, ZIMMERMANN-TIMM i sur. 2007, ŠPOLJAR i sur. 2007a, b). To je rezultiralo velikom brojnošću semiplanktonskih organizama u epifitonu mahovina slapa.

GLIME (2007) je utvrdio da u epifitonu mahovina od sluzavaca prevladavaju okučene amebe među kojima su najčešći rodovi *Euglypha* i *Centropyxis*. Njegovi nalazi su u skladu s rezultatima ovog istraživanja, gdje su u epifitonu mahovina prevladavale okučene amebe s dominantnim rodom *Euglypha*. Vrsta *Actinophrys sol*, uobičajeni predstavnik skupine sunašca u epifitonu mahovina (GLIME 2007), također je bila zabilježena u velikom broju na oba mikrostaništa, JI i JS. Iz skupine trepetljikaša bile su česte vrste *Aspidisca lynceus*, *Cinetochilum margaritaceum* i *Glaucoma scintilans* što je u skladu s rezultatima koje su objavili KRNO i suradnici (2006). Ostale učestale skupine meiofaune lotika su kolnjaci, oblići,

rakovi i maločestinaši (PALMER 1990, RUNDLE i sur. 2002). Ove skupine bile su zabilježene i u mojim rezultatima u kojima su prevladavali kolnjaci i oblići. Od kolnjaka u epifitonu mahovina dominirali su predstavnici Bdelloidea, što je u skladu s rezultatima istraživanja koja navode LINHART i suradnici (2002). RICCI (1987) navodi da su u obraštaju drugih vrsta podloge Bdelloidea puno manje zastupljeni (svega 20-30%) u brojnosti kolnjaka u odnosu na Monogonota. Razlog njihove povećane abundancije posebice u mikrostaništu mahovina slapa je u brznoj struji vode. Naime, Bdelloidea se mogu čvrsto prihvatiti za podlogu i time spriječiti otplavlivanje dok im brza struja vode stalno donosi hranu iz ujezerenja (RICCI 1987). Velika abundancija oblića također je uvjetovana velikom količinom detritusa u mahovinama (SUREN 1992) što ih veže uz staništa s većom brzinom strujanja vode.

Epifiton na makrofitima. Epifiton makrofita istaživan je na submerznoj vrsti obični borak čija stabljika je dobro razgranjena, na flotantnom plivajućem mrijesnjaku s nešto jednostavnijom građom stabljike i emerznom rogozu s jednostavno građenom stabljikom. Na svim mikrostaništima makrofita zabilježen je podjednak Shanonn-Wienerov indeks raznolikosti dok se abundancija uvelike razlikovala. Razlike u raznolikosti ovih mikrostaništa bile su vidljive, ali statistički nisu bile značajne. To objašnjavam dominacijom običnog borka u vegetaciji litoralne zone koji je utjecao na zajednice epifitona plivajućeg mrijesnjaka i rogoza s obzirom da ne postoje jasne granice između područja rasta sastojina plivajućeg mrijesnjaka i rogoza. Smatram da je porast abundancije rezultat veće razgranatosti stabljike pa je tako najmanja abundancija zabilježena na rogozu s jednostavnom građom stabljike, a najviša na običnom borku s jako razgranatom stabljikom. Istraživanja ovakvog tipa proveli su i mnogi drugi autori (DUGGAN 2001, KUCZYŃSKA-KIPPEN 2007). KUCZYŃSKA-KIPPEN i NAGENGAST (2006) uspoređivale su zajednice epifitona razvijene na rogozu i lopoču (morfološki analogan plivajućem mrijesnjaku) te su došle do zaključka da složenija građa makrofita stvara veću heterogenost staništa čime se povećava raznolikost zookomponente epifitona. Godinu dana poslije, sličnim istraživanjem KUCZYŃSKA-KIPPEN (2007) potvrdila je da parožina (*Chara tomentosa*) morfološki analogna običnom borku, stvara staništa s većom raznolikošću i abundancijom zajednica u odnosu na rogoz. DUGGAN (2001) navodi da je bitna i starost makrofita obzirom da se starenjem povećava razgranjenost biljaka. Smatram da bi istraživanje na većem broju uzoraka pokazalo statistički značajnu povezanost strukture stabljike makrofita te brojnosti i raznolikosti epifitona. Međutim, uzimanje većeg broja uzoraka nije bilo moguće kako se ne bi devastiralo ovo zaštićeno područje. U ujezerenju 2 zabilježena je neočekivano niska brojnost jedinki epifitona običnog borka s obzirom na vrijednosti zabilježene u

ujezerenju 1. Smatram da je povećana brojnost u ujezerenju 1 uzrokovana pojačanim pritiskom vizualnih predatora. Naime, u oligotrofnim vodama vizualni predatori nisu ograničeni u lovu zbog čega veći broj jedinki zooplanktona traži zaklon unutar litoralne zone bogate makrofitima koji rade zasjenu (DUGGAN 2001, ŠARGAČ 2010). ŠARGAČ (2010) je u litoralnoj zoni bogatoj makrofitima (potok Jankovac) zabilježila veću brojnost rakova nego u zoni slobodne vode što objašnjava njihovom potragom za zaklonom od vizualnih predatora. NURMINEN i suradnici (2007) istraživali su utjecaja svjetlosti i brojnosti predatora na zooplankton te su zaključili da se s pojačanjem intenziteta svjetlosti povećava i brojnost zooplanktonskih organizama koji se pričvršćuju za površine makrofita.

Prema navodima JACKSONA (2003), nakon početne kolonizacije određene površine bakterijama, u zajednici se pojavljuju alge. Porastom raznolikost, a potom i brojnost algi, pojavljuju se i prvi napredniji heterotrofni organizmi (sluzavci i trepetljikaši). U daljnjem razvoju zajednice stabilizira se raznolikost i brojnost algi dok se brojnost i raznolikost heterotrofnih organizama dalje povećava. Kada zajednica postigne klimaks broj svojiti u zajednici i njihova brojnost se stabiliziraju. U ovom istraživanju zabilježena je velika brojnost i raznolikost trepetljikaša te mala brojnosti kolnjaka i heterogene skupine organizama koje zajedno s visokim koncentracijama klorofila *a* odražavaju stupanj razvoja epifitona makrofita. Smatram da je smanjenje brojnosti epifitona u ujezerenju 2 uzrokovano uzvodnim osiromašenjem hranjivih tvari od strane primarnih proizvođača u ujezerenju 1. Općenito je poznato da ujezerenja pospješuju taloženje hranjivih tvari i organskih čestica zbog čega dolazi do nizvodnog osiromašenja tekućica što je doprinjelo slabijem razvoju početnog biofilma, a time i organizama epifitona u ujezerenju 2. U sezonskoj sukcesiji smatram da velika abundancija trepetljikaša u kolovozu ukazuje na prijelaz u zajednici iz one kojom dominiraju autotrofi u zajednicu kojom dominiraju heterotrofi. Nije uočen daljnji razvoj zajednice u smjeru povećanja abundancije kolnjaka uz istovremeni pad abundancije trepetljikaš. Kako bi se nastavio proces kolonizacije supstrata potrebne su visoke temperature vode te velika količina svjetlosti. Obzirom da je u rujnu zabilježen nagli pad temperature vode za 11°C te povećanje brzine strujanja uslijed padalina uvjeti za kolonizaciju postali su nepovoljni zbog čega je zaustavljen razvoj zajednice epifitona na makrofitima.

U usporedbi s istraživanjima mikrokomponente u lotičkim i lentičkim područjima potoka Jankovac, čije dno nije prekriveno makrofitima (ŠPOLJAR i sur. 2008, ŠARGAČ 2010) proizlazi da vodena vegetacija pridonosi povećanju brojnosti i raznolikosti zajednice.

6.0. ZAKLJUČAK

U istraživanjima provedenim od svibnja do listopada u potoku Jankovac u Parku prirode Papuk analiziran je utjecaj okolišnih čimbenika na kvalitativni i kvantitativni sastav epifitona na različitim mikrostaništima s obzirom na brzinu strujanja vode te s obzirom na građu habitusa makrofita (mahovina i vaskularnog bilja). Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

1. Od petnaest analiziranih fizičko-kemijski čimbenika statistički značajne razlike između istraživanih postaja utvrđene su za temperaturu vode, konduktivitet, pH, koncentraciju slobodnog ugljičnog dioksida, alkalinitet, koncentraciju nitrata i brzinu strujanja vode. Značajne sezonske razlike utvrđene su za temperaturu vode, alkalinitet, kemijsku potrošnju kisika, koncentraciju nitrata i brzinu strujanja vode.

2. U epifitonu mahovina raznolikošću su prevladavali trepetljikaši (40 svojti, 44%) dok su brojnošću dominirali kolnjaci (160.800 ± 513.400 jed/g ST, 83%). Na abundanciju i bioraznolikost zajednica epifitona značajan pozitivan učinak imali su temperatura vode, pH, brzina strujanja vode, koncentracija klorofila *a* i suspendirane organske tvari u sestonu. Između mikrostaništa s gustim slojem mahovina te mikrostaništa s rastrkanim busenima mahovina razlike spomenutih fizičko-kemijskih čimbenika i izvora raspoložive hrane dovele su do značajnih razlika u abundanciji (JI 12.800 ± 7.700 jed/g ST, JS 380.500 ± 75.000 jed/g ST) i bioraznolikosti epifitona (JI 39 svojti, JS 76 svojti).

3. Trepetljikaši s 30 svojti (46%) i kolnjaci s 28 svojti (43%) dominirali su raznolikošću epifitona makrofita. U brojnosti jedinki trepetljikaši su ostvarili potpunu dominaciju s udjelom od 94% (5.500 ± 11.500 jed/g ST). Od istraživanih okolišnih čimbenika značajan pozitivan utjecaj na raznolikost epifitona makrofita imali su temperatura vode i koncentracija otopljenog kisika dok je brzina strujanja vode negativno utjecala na abundanciju epifitona makrofita.

4. Brojnost i raznolikost svojti bila je u porastu s povećanjem složenosti habitusa makrofita. Najmanja raznolikost (27 svojti) i brojnost (1.100 ± 500 jed/g ST) bila je na stabljici jednostavne građe emerznog rogoza (*Typha latifolia* L.). Veću raznolikost (29 svojti) i

brojnost (7.300 ± 10.000 jed/g ST) imao je plivajući mrijesnjak (*Potamogeton natans* L.). U epifitonu običnog borka (*Hippuris vulgaris* L.) s razgranjenim habitusom zabilježena je najveća raznolikost (J1H 30 svojti, J2H 46 svojti) i brojnost jedinki (13.600 ± 23.000 jed/g ST).

5. Ovim istraživanjem utvrđeno je da su mahovine u lotičkom području te makrofiti u lentičkom području okarakterizirani većom brojnošću i bioraznolikošću organizama u odnosu na druga staništa u vodama na kopnu.

7.0 LITERATURA

- ABE S., NAGUMO T., TANAKA J. (2000): Effects of current on the development of loosely and tightly attached layers in periphyton communities. *Phycological Research* 48: 261-265.
- ADL, S. M., SIMPSON A. G. B., FARMER M. A., ANDERSEN R. A., ANDERSON O. R., BARTA J. R., BOWSER S. S., BRUGEROLLE G., FENSOME R. A., FREDEICQ S., JAMES T. Y., KARPOV S., KUGRENS P., KRUG J., LANE C. E., LEWIS L. A., LODGE J., LYNN D. H., MANN D. G., MCCOURT R. M., MENDOZA L., MOENSTRUP Ø., MOZLEY-STANDRIDGE S., NERAD T.A., SHEARER C. A., SMIRNOV A. V, SPIEGEL F. W., TAYLOR M. J. R. (2005): The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 52: 399–451.
- ALLAN J. D. (1995): *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall, New York.
- APHA (1985): *Standard methods for the examination of water and wastewater* 16th. Ed. Amer.Pub. Health Assoc. New York. pp. 1268.
- AZIM M. E., BEVERIDGE M. C. M., VAN DAM A. A., VERDEGEM M. C. J. (2005): Periphyton and Aquatic Production: An Introduction. pp. 1-13. *In*: Azim M.E., Verdegem M.C.J., Van Dam A.A., Beveridge M.C.M. (eds): *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, Oxfordshire.
- BALEN D., RADONIĆ G., PAVIĆ G. (2010): Vodič ekskurzija. 4. hrvatski geološki kongres, 22 str.
- BHARATI V. R., KHAN R. N., KALAVATI C., RAMAN A. V. (2001): Protozoan colonization on artificial substrates in relation to water quality in a tropical Indian harbour. *Journal of Environmental Sciences* 13(2): 143-147.
- BECERRA-MUNOZ S., SCHRAMM H. L. Jr. (2007): On the influence of substrate morphology and surface area on phytofauna. *Hydrobiologia* 575: 117-128.
- BIGGS B. J. F., KILROY C. (2000): *Stream Periphyton Monitoring Manual*. Published by NIWA for Ministry for the Environment, Christchurch.
- BOGDAN K. G., GILBERT J. J. (1987): Quantitative comparison of food niches in some freshwater zooplankton. *Acta Oecologica* 72: 331-340.
- BOWDEN B., GLIME J. M., RIIS T. (2006): Macrophytes and Bryophytes. *In* Hauer, F. R. & G. A. Lamberti (eds.), *Methods in stream ecology*. Elsevier, London: 381–414.

- BURKS R. L., LODGE D. M., JEPPESEN E., LAURIDSEN T. L. (2002): Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology* 47: 343-365.
- CARRIAS J. F., SERE J. P., SIME-NGANDO T., AMBLARD C. (2002): Distribution, size, and bacterial colonization of pico- and nano-detrital organic particles (DOP) in two lakes of different trophic status. *Limnology and oceanography* 47: 1202-1209.
- CATTANEO A., GALANTI G., GENTINETTA S., ROMO S. (1998): Epiphytic algae and macroinvertebrates on submerged and floating-leaved macrophytes in an Italian lake. *Freshwater biology* 39: 725-740.
- CAZZANELLI M., WARMING T. P., CHRISTOFFERSEN K. S. (2008): Emergent and floating-leaved macrophytes as refuge for zooplankton in a eutrophic temperate lake without submerged vegetation. *Hydrobiologia* 605: 113-122.
- CHAMBERS P. A., LACOUL P., MURPHY K. J., THOMAZ S. M. (2008): Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26.
- COWLING M. J., HODKIESS T., PAAR A. C. S., SMITH M. J., MARRS S. J. (2000): An alternative approach to antifouling based on analogues of natural processes. *The Science of the Total Environment*, 258(1): 129-137(9).
- DEVANTRY P. (1987): Action des courants sur la faune d'une mousses immergée: *Platyhypnidium riparioides* (Bryophyta). Unpublished PhD thesis, Université Claude Bernard, Lyon 1, France. 291 p.
- DIEHL S., KORNIJÓW R. (1998): Influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates. In JEPPESEN E., SØNDERGAARD M. & CHRISTOFFERSEN K. (eds.): The structuring role of submerged macrophytes in lake Springer. Berlin 24-26.
- DUGGAN I. C. (2001): The ecology of periphytic rotifers. *Hydrobiologia* 446/447: 139-148.
- DUGGAN I. C., GREEN J. D., THOMPSON K., SHIEL R. J. (2001): The influence of macrophytes on the spatial distribution of littoral rotifers. *Freshwater Biology* 46: 777-786.
- EINSELE U. (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Gustav Fischer Verlag, Berlin.
- ESTLANDER S., NURMINEN L., OLIN M., VINNI M., HORPPILA J. (2009): Seasonal fluctuations in macrophyte cover and water transparency of four brown-water lakes: Implications for crustacean zooplankton in littoral and pelagic habitats. *Hydrobiologia* 620: 109-120.
- FANTA S. H., HILL W. E., SMITH T. B., ROBERTS B. J. (2010): Applying the light: nutrient hypothesis to stream periphyton. *Freshwater biology* 55: 931-940.

- FELDMANN T., NÖGES P. (2007): Factors controlling macrophyte distribution in large shallow lake Lake Võrtsjärv. *Aquatic Botany* 87: 15-21.
- FOISSNER W., BERGER H. (1996): A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35: 375-482.
- GLIME J. M., CLEMONS R. M. (1972): Species diversity of stream insects on *Fontinalis* Spp. compared to diversity on artificial substrates. *Ecology* 53: 458-465.
- GODDARD K. A., MCDIFFET W. F. (1983): Rotifer distribution, abundance and community structure in four habitats of freshwater marsh. *J. Freshwater Ecology* 2: 199-211.
- HABDIJA I., MEŠTROVIĆ M., MATONIČKIN R., PRIMC-HABDIJA B., CINDRIĆ Z. (2000a): Current velocity and retention degree of detritus in moss mats as factors affecting the distribution of macroinvertebrates on the travertine barriers in karstic waters. *Limnological Reports* 33: 245-250.
- HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., ŠPOLJAR M. (2000b): Current velocity as factor affecting the periphyton biomass in karstic waters. *Limnological Reports* 33: 237-244.
- HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., MATONIČKIN R., KUČINIĆ M., RADANOVIĆ I., MILIŠA M., MIHALJEVIĆ Z. (2004): Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia (Bratislava)* 59/5: 577-593.
- HARPER D. M., SMITH C., BARHAM P., HOWELL R. (1995): The ecological basis for management of the natural river environment. In HARPER D. M. i FERGUSON A. J. D. (eds): *The ecological basis for river management*. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 219-238.
- HEPINSTALL J. A., FULLER R.L. (1994): Periphyton reactions to different light and nutrients levels and the response of bacteria to these manipulations. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 161-173.
- HOAGLAND K. D., ROEMER S. C., ROSOWSKI J. R. (1982): Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *American Journal of Botany*, 69(2): 188-213.
- HÖLL K. (1986): *Wasser Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Chemie, Bakteriologie, Virologie, Biologie* (7th edition). Walter de Gruyter Verlag, Berlin.
- HORNE A. J., GOLDMAN C. R. (1994): *Limnology* 2nd edn. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA.
- HORPPILA J., NURMINEN L. (2005): Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia* 545: 167-175.

- ILLIES J. (1978): Limnofauna Europaea. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York. Swets & Zeitlinger B.V. Amsterdam.
- JACKSON C. R. (2003): Changes in community properties during microbial succession. *Oikos* 101: 444-448.
- JO Y. M., OH J. M., YOO J. G. (2006): Environmental Characterization of Periphyton Community. *Journal of Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea Research)* 5 (4): 305-310.
- KAIRESALO T. (1984): The seasonal succession of epiphytic communities within an *Equisetum fluviatile* stand in lake Pääjärvi Southern Finland. *Int Rev Gesam Hydrobiologia* 69: 475-505.
- KAIRESALO T., TÁTRAI I., LUOKKANEN E. (1998): Impacts of waterweed (*Elodea canadensis* Michx) on fish-plancton interactions in the lake littoral. *Verhandlung Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 26:1846-1851.
- KALFF J. (2002): Inland water ecosystem. Prentice hall, Upper saddle river, New Jersey. Limnology.
- KORNIJÓW R., KAIRESALO T. (1994): A simple apparatus for sampling epiphytic communities associates with emergent macrophytes. *Hydrobiologia* 294: 141-143.
- KUCZYŃSKA-KIPPEN N. (2003): The distribution of rotifers (Rotifera) within a single Myriophyllum bed. *Hydrobiologia* 506-509: 327-331.
- LAUGASTE R., REUNANEN M. (2005): The composition and density of epiphyton on some macrophyte species in the partly meromictic Lake Verevi. *Hydrobiologia* 547: 137-150.
- LAURIDSEN T. L., PEDERSEN L. J., JEPPESEN E. (1996): The importance of macrophyte bed size for Cladoceran composition and horizontal migration in a shallow lake. *Journal of plankton research* 18: 2283-2294.
- LIBORIUSSEN L., JEPPESEN E., (2003): Temporal dynamics in epipelagic, pelagic and epiphytic algal production in a clear and a turbid shallow lake. *Freshwater Biology* 48: 418-431.
- LINHART J., UVÍRA V., RULÍK M., RULÍKOVÁ K. (1998): A study of the composition of phytomacrofauna in *Batrachium aquatile* vegetation. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Ree. Nat., Biol.* 36: 39-60.
- LINHART J., FIURÁŠKOVÁ M., UVÍRA V. (2002): Moss- and mineral substrata-dwelling meiobenthos in two different low-order streams. *Archiv für Hydrobiologie* 154: 543-560.
- MARGARITORA F. (1983): Cladoceri (Crustacea: Cladocera). Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne 22. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- NARODNE NOVINE (1998) Uredba o klasifikaciji voda.77.

- NUSCH E. A. (1980): Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie* 14: 14-36.
- OGDEN C. G., HEDLEY R. H. (1980): *An Atlas of Freshwater Testate Amoebae*. BAS Printers Limited, Over Wallop, Hampshire.
- ORMEROD S. J., RUNDLE S. D., WILKINSON S. M., DALY G. P., DALE K. M., JUTTNER I. (1994): Altitudinal trend in the diatoms, bryophytes, macroinvertebrates and fish of Nepalese river system. *Freshwater biology* 32: 309-322.
- OZIMEK T., VAN DONK E., GULANTI R. D. (1993): Growth and nutrient uptake by two species of *Elodea* in experimental conditions and their role in nutrient accumulation. *Hydrobiologia* 251: 13-18.
- PALMER R. J., WHITE D. C. (1997): Developmental biology of biofilms: implications for treatment and control. *Trends in Microbiology* 5(11): 435-440.
- PENTECOST A., ZHAOHUI Z. (2002): Bryophytes from some travertine-depositing sites in France and the U.K.: relationships with climate and water chemistry. *Journal of Bryology* 24: 233-241.
- POKORNÝ J., KVET J., ONDOK P., TOUL Z., OSTRY I. (1984): Production-ecological analysis of a plant community dominated by *Elodea Canadensis*. *Aquatic botany* 19: 263-292.
- PRIMC-HABDIJA B., ŠPOLJAR M., MATONIČKIN R. (2000): Influence of current velocity on ciliate assemblages on travertine barriers in karstic biotopes. *Limnological Reports* 33: 279-284.
- RIEDER J. (1993): Improved techniques for exploring Aufwuchs communities. *Limnologica* 23(2): 153-167.
- RISSE-BUHL U., KÜSEL K. (2009): Colonization dynamics of biofilm-associated ciliate morphotypes at different flow velocities. *European Journal of Protistology* 45: 64-76.
- SARAVIA L. A., MOMO F., BOFFI LISSIN L. D. (1998): Modelling periphyton dynamics in running water. *Ecological Modelling* 114: 35-47.
- SOININEN J. (2004): Assessing the current related heterogeneity and diversity patterns of benthic diatom communities in a turbid nad clear water river. *Aquatic Ecology* 38: 495-501.
- SCHUTTEN J., DAINTY J., DAVY A. J. (2005): Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. *Journal of Ecology* 93: 556-571.
- SHANNON C. E., WEAVER W. (1949): *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

- SØNDERGAARD M., JEPPENSEN E., LAURIDSEN T. L., SKOV C., VAN NES E. H., ROIJACKERS R., LAMMENS E., PORTIELJE R. (2007): Lake restoration: successes, failures and longterm effects. *Journal of Applied Ecology* 44: 1095-1105.
- SØRENSEN T. (1948): A method of establishing groups pf equal amplitude in plant society based on similarity of species content. *K. Danske Vidensk Selsk* 5: 1-34.
- SRDOČ D., HORVATINČIĆ N., OBELIĆ B., KRAJCAR I., SLIEPČEVIĆ A. (1985): Krš Jugoslavije. *Academia scientiarum et artium slavorum meridionalium*. 11/4-6: 101-204.
- STATSOFT INC. (2010): Statistica (dana analysis software system), version 9.1. www.statsoft.com , Tulsa USA.
- SUREN A. M. (1988): The ecological role of bryophytes in high alpine stream of New Zealand. *Verhandlungen, Internationale Vereinigung für thepretische und Angewandte Limnologie* 23: 1412-1416.
- SUREN A. M. (1990): The ecological role of bryophytes in alpine stream od New Zealand. Unpublished PhD thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand. 280 p.
- SUREN A. M. (1991): Bryophytes as invertebrate habitat in two New Zealand alpine streams. *Freshwater Biology* 26: 399-418.
- SUREN A. M. (1992): Meiofaunal communities associated with bryophytes and gravels in ahaded and unshaded lpine streams in New Zealand. *NZ J. Mar. Freshwater Research* 26: 115-125.
- SUREN A. M., ORMEROD S. J. (1992): Aquatic bryophytes in Himalayan streams: testing a distribution model in a highly heterogenous environment. *Freshwater biology* 40: 697-716.
- SUREN A. M. (1996): Bryophyte distribution patterns in relation to macro-, meso-, and micro-scale variables in South Island, New Zealand streams. *NZ J. Mar. Freshwater Research* 30: 501-523.
- ŠARGAČ J. (2010): Planktonske zajednice u umjetnim ujezerenjima potoka Jankovac (Papuk). Diplomski rad 66 str.
- ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B., SIPOS L., 2005. Impact of environmental variables and food availability on Rotifer assemblage in the karstic barrage lake Visovac (Krka River, Croatia). *Internat. Rev. Hydrobiol.* 90: 555-579
- ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B. (2007a): Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia* 579: 199–209.
- ŠPOLJAR M., HABDIJA I., PRIMC-HABDIJA B. (2007b): The influence od the lotic and lentic stretches on the zooseston flux through the Plitvice Lakes (Croatia). *Annales de Limnologie. International journal of limnology* 43: 29-40.

- ŠPOLJAR M., DRAŽINA T., OSTOJIĆ A., KRALJ K., ŠARGAČ J., ŠTAFAR D., MESELJEVIĆ M. (2008): Sedrotopna biocenoza jankovačkog slapa u Parku prirode Papuk. Studija 73 str.
- TIMMS R. M., MOSS B. (1984): Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing., in presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem. *Limnology and Oceanography* 29: 472-486.
- VAN DE HATERD R. J. W., TER HEERDT G. N. J. (2007): Potential for development of submerged macrophytes in eutrophicated shallow peaty lakes after restoration measures. *Hydrobiologia* 84: 227-290.
- VLČKOVÁ Š., LINHART J., UVÍRA V. (2002): Permanetand temporay meiofauna of aquatic moss *Frontalis antipyretica* Hedw. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas rerum naturalium* (2001-2002) *Biologica* 39-40: 131-140.
- VOIGT M., KOSTE W. (1978): Die Rädertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.
- WEITZEL R. L. (1979): Methods and Measurements of Periphyton Communities: a Review. ASTM STP 690. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, U.S.A.: 3-33.
- YOUNG O. W. (1945): A limnological investigation of periphyton in Douglas Lake, Michigan. *Transactions of the American Microscopical Society* 64: 1-20.
- WÖRNER U., ZIMMERMAN-TIMM H., KAUSCH H. (2000): Succession of Protists on Estuarine Aggregates. *Microbial Ecology* 40: 209-222.